Chiril POPESCU
Daniel BUCUR

VALORIFICAREA UNOR TERENURI AGRICOLE EXPUSE POLUĂRII ŞI DEGRADĂRII

EDITURA "ION IONESCU DE LA BRAD"

Iaşi - 2004

Chirii POPESCU
Daniel BUCUR

VALORIFICAREA UNOR TERENURI AGRICOLE EXPUSE POLUĂRII ŞI DEGRADĂRII

EDITURA "ION IONESCU DE LA BRAD"

Iaşi - 2004

Scanned with OKEN Scanner

Prof. dr. docent
Chiril POPESCU

Conf. dr. ing.
Daniel BUCUR

Dlui Prof. dr. ing
Pesteau Viorel
cu sentimente
colegiale
Ch. Popescu
20 I-2005

VALORIFICAREA UNOR TERENURI AGRICOLE EXPUSE POLUĂRII ŞI DEGRADĂRII

EDITURA „ION IONESCU DE LA BRAD"

IAŞI - 2004

Scanned with OKEN Scanner

Coperta şi subcoperta:
Daniel Bucur

Referenţi ştiinţifici:
Prof. dr. ing. Gerard JITĂREANU
Universitatea de Ştiinţe Agricole şi Medicină Veterinară „Ion Ionescu de la Brad" din Iaşi

Prof. dr. ing. Vasile VÎNTU
Universitatea de Ştiinţe Agricole şi Medicină Veterinară „Ion Ionescu de la Brad" din Iaşi

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
POPESCU, CHIRIL
Valorificarea unor terenuri agricole expuse poluării şi degradării / Chiril Popescu, Daniel Bucur. - Iaşi : Editura Ion Ionescu de la Brad, 2004.
Bibliogr.
ISBN 973-7921-43-7

I. Bucur, Daniel

631.6

ISBN 973-7921-43-7

© Editura „Ion Ionescu de la Brad" Iaşi

Scanned with OKEN Scanner

„Truditorii pământului - cu cartea
sau cu plugul - sunt ai vremii,
agricultura a eternității"

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Prefață

La contactul litosferei cu atmosfera, hidrosfera şi biosfera se petrec numeroase şi complexe fenomene şi procese care determină, în unele zone, poluarea, degradarea solului şi scoaterea unor suprafețe din circuitul agricol. Se apreciază că pe plan mondial, circa 60 % din terenurile agricole au fertilitatea redusă sau foarte redusă, 29 % o fertilitate moderată şi numai 11 % se caracterizează printr-o fertilitate ridicată. Estimări recente evidențiază reducerea anuală a suprafeței agricole mondiale cu circa 15 mil ha, în medie, datorită trecerii la alte folosințe (aeroporturi, şosele, locuințe etc) - 8 mil ha, eroziunii - 3 mil ha, deşertificării - 2 mil ha, poluării - 2 mil ha.

La Conferința mondială consacrată dezvoltării durabile care s-a desfăşurat în anul 2002 la Johannesburg, în Africa de Sud, se arăta că 15 % din suprafața arabilă de pe glob era degradată datorită diferitelor activități antropice. Terenurile cultivate cu cereale s-au redus în raport cu populația, de la 0,23 ha pe locuitor în anul 1950 la 0,12 ha pe locuitor în anul 1995, iar sporul demografic actual permite aprecierea că omenirea va ajunge în anul 2050, la aproximativ 9 miliarde.

Pe versante, şuvoaiele de apă antrenează particulele de sol în procesul de eroziune, diminuând fertilitatea şi generând ogaşe şi ravene. Alunecările de teren, determină dislocarea şi deplasarea maselor de sol şi rocă, care devin nepotrivite pentru cultura plantelor. Straturile superficiale de sol ajung în acest fel în lunci, râuri sau lacuri, colmatându-le. În secolul trecut, prof. Gh. Ionescu Siseşti scria: „În unele zone unde strămoşii noştri stau de veacuri şi n-au putut fi dislocați nici de urgiile năvălirilor barbare, nici de cruntele războaie, locuitorii de azi sunt izgoniți de cumplitele procese de eroziune şi alunecări de teren". Pădurile, care protejează foarte bine solul împotriva eroziunii, sunt defrişate an de an. Într-un raport întocmit de Fondul Mondial pentru Natură (W. W. F.) se arată că între anii 1970 şi 1995 suprafața ocupată de păduri s-a redus, la nivel mondial, cu circa 3 mil km^2.

În zonele calde şi cu precipitații reduse, plantele agricole nu găsesc condiții normale de creştere şi dezvoltare pe teren neirigat iar solul îşi pierde fertilitatea şi, treptat, se instalează deşertul.

Irigarea aplicată în mod greşit, asociată cu o agrotehnică necorespunzătoare, determină apariția dăunătorului proces de salinizare secundară a solului.

Precipitațiile abundente, inundațiile, infiltrațiile pe sub diguri etc, determină producerea excesului de umiditate în lunci şi depresiuni, insuficiența aerului favorizând evoluția solului spre înmlăştinire.

Pe terenurile nisipoase, neprotejate de vegetație, curenții de aer antrenează şi transportă la mari distanțe particule de nisip care, stânjenesc plantele şi produc înnisiparea localităților din împrejurimi.

Industria, în general, şi cu deosebire cea extractivă, precum şi unele sectoare de construcţii etc determină acumularea unor cantităţi mari de rocă, steril, cenuşă şi deşeuri de tot felul, care ocupă întinse suprafeţe de teren arabil.

În România, se constată că fenomenele menţionate şi multe altele, determină scăderea fertilităţii şi reducerea suprafeţei de teren arabil. La Simpozionul „Fundamente ştiinţifice pentru împădurirea terenurilor degradate" din anul 2003, se arată că în ţara noastră există circa 7 mil ha cu terenuri degradate din care, 2,5 mil ha puternic degradate. Suprafaţa folosită pentru agricultură şi silvicultură reprezintă 95 - 98 % în structura fondului funciar naţional şi este evident că excluderea unor astfel de terenuri din circuitul agricol prin procese de degradare reprezintă o pierdere deosebit de gravă. De aceea, suprafeţe relativ mari de terenuri afectate de eroziune hidrică sau eoliană, umiditate deficitară sau excesivă, salinizare sau acidifiere trebuie ameliorate şi valorificate în mod raţional, pentru a se evita accentuarea degradării. Costisitoarele lucrări de amenajare antierozională, de irigaţii sau desecare-drenaj nu-şi pot atinge scopul pentru care au fost proiectate dacă nu sunt exploatate corect, în condiţiile aplicării unei agrotehnici diferenţiate.

Lucrarea de faţă pune la dispoziţia diferitelor categorii de specialişti, precum şi studenţilor, cunoştinţele necesare pentru protejarea şi ameliorarea solului în scopul sporirii producţiei vegetale şi a ridicării calităţii vieţii, în general.

Autorii

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

1. Solul - mediu de creştere şi dezvoltare a plantelor 11
1.1 Principalele componente ale solului 11
1.1.1 Faza solidă a solului 11
1.1.2 Apa din sol 22
1.1.3 Aerul din sol 43
1.2 Principalele proprietăţi ale solului 45
1.2.1 Unele proprietăţi fizice ale solului 45
1.2.2 Unele proprietăţi chimice ale solului 55
Bibliografie 59

2. Factori şi procese care determină poluarea şi degradarea solului 61
2.1 Surse şi tipuri de poluare a solului 65
2.2 Principalele procese şi factorii determinanţi ai poluării şi degradării solului 67
2.2.1 Eroziunea solului produsă de apă 67
2.2.2 Alunecările de teren 70
2.2.3 Eroziunea eoliană 71
2.2.4 Excesul temporar de umiditate 72
2.2.5 Compactarea secundară a solului 74
2.2.6 Umiditatea deficitară 75
2.2.7 Excesul de săruri 75
2.2.8 Poluarea cu îngrăşăminte şi pesticide 77
2.2.9 Poluarea cu metale grele 80
2.2.10 Poluarea cu ţiţei şi apă sărată 91
2.2.11 Ploi acide şi soluri acide 93
2.2.12 Deşeuri şi reziduuri solide 94
2.2.13 Ape poluate 99
2.2.14 Poluarea radioactivă 104
2.2.15 Poluarea biologică 106
Bibliografie 107

3. Factorii de vegetaţie şi dirijarea lor 111
3.1 Lumina ca factor de vegetaţie 111
3.2 Căldura ca factor de vegetaţie 115
3.3 Aerul ca factor de vegetaţie 120
3.4 Apa ca factor de vegetaţie 125
3.4.1 Umiditatea solului 125
3.4.2 Potenţialul apei din sol 127
3.4.3 Apa în plantă 132
3.4.4. Transpiraţia plantei 138
3.5 Elementele nutritive ca factori de vegetaţie 147
3.5.1 Câteva elemente din sol şi plantă 149
3.5.2 Fixarea azotului din atmosferă 158
3.5.3 Pătrunderea elementelor chimice în corpul plantei 161
3.5.4 Interdependenţa factorilor de vegetaţie 164
3.5.5 Particularităţile agriculturii ecologice 165
Bibliografie 170

4. Eroziunea solului, alunecările de teren şi valorificarea versantelor 172
4.1 Mecanismul procesului de eroziune a solului 172
4.1.1 Eroziunea prin picături 172
4.1.2 Eroziunea prin scurgere 173

Scanned with OKEN Scanner

4.2 Factori determinaţi şi favorizanţi ai eroziunii solului..... 177
4.2.1 Relieful..... 177
4.2.2 Precipitaţiile atmosferice..... 180
4.2.3 Solul şi roca de solificare..... 186
4.2.4 Vegetaţia..... 188
4.3 Clasificarea eroziunii solului..... 190
4.3.1 Eroziunea naturală..... 191
4.3.2 Eroziunea accelerată..... 191
4.3.3 Eroziunea de suprafaţă..... 191
4.3.4 Eroziunea în adâncime..... 192
4.4 Consecinţele procesului de eroziune..... 196
4.5 Alunecările de teren şi condiţiile de apariţie..... 198
4.5.1 Clasificarea alunecărilor de teren..... 201
4.6 Particularităţile culturii plantelor pe versante..... 204
4.6.1 Organizarea teritoriului şi rotaţia culturilor..... 204
4.6.2 Folosirea îngrăşămintelor şi amendamentelor..... 222
4.6.3 Lucrările solului..... 229
4.6.4 Însămânţarea şi întreţinerea culturilor..... 235
4.6.5 Noi metode de consolidare a versantelor..... 243
Bibliografie..... 244

5. Terenuri cu umiditate deficitară şi valorificarea lor..... 250
5.1 Poluarea atmosferei şi efectul de seră..... 250
5.2 Schimbările climatice din ultimele decenii şi extinderea zonelor aride..... 252
5.3 Valorificarea terenurilor cu umiditate deficitară..... 257
5.3.1 Particularităţile culturii plantelor pe teren neirigat..... 258
5.3.2 Irigarea culturilor agricole..... 267
5.3.3 Agrotehnica culturilor irigate..... 325
Bibliografie..... 347

6. Ameliorarea solurilor salinizate şi valorificarea lor..... 351
6.1 Câteva însuşiri ale solurilor salinizate..... 351
6.2 Prevenirea salinizării secundare a solului..... 355
6.3 Ameliorarea solurilor salinizate..... 359
6.4 Particularităţile culturii plantelor pe soluri salinizate..... 362
6.4.1 Rotaţia culturilor..... 362
6.4.2 Folosirea amendamentelor şi îngrăşămintelor..... 368
6.4.3 Lucrările solului..... 375
6.4.4 Întreţinerea culturilor..... 378
6.4.5 Particularităţile culturii orezului pe soluri salinizate..... 379
Bibliografie..... 383

7. Terenuri cu umiditate excesivă şi valorificarea lor..... 385
7.1 Solurile cu exces de umiditate din România şi sursele de apă..... 385
7.2 Consecinţele excesului de umiditate pe terenurile agricole..... 388
7.3 Eliminarea apei în exces..... 391
7.4 Particularităţile culturii plantelor pe soluri cu umiditate în exces..... 395
7.4.1 Rotaţia culturilor..... 395
7.4.2 Folosirea îngrăşămintelor..... 398
7.4.3 Lucrările solului şi însămânţarea..... 400
7.4.4 Întreţinerea culturilor şi irigarea..... 406
Bibliografie..... 407

Scanned with OKEN Scanner

8. **Ameliorarea solurilor acide şi valorificarea lor** 410
8.1 Câteva însuşiri ale solurilor acide 410
8.2 Particularităţile culturii plantelor pe soluri acide 413
8.2.1 Rotaţia culturilor 413
8.2.2 Folosirea amendamentelor şi îngrăşămintelor 416
8.2.3 Lucrările solului 426
Bibliografie 427

9. Eroziunea eoliană şi valorificarea terenurilor nisipoase **429**
9.1 Nisipurile din România şi principalele lor însuşiri 429
9.2 Eroziunea eoliană 433
9.3 Fixarea nisipurilor 435
9.4 Modelarea şi netezirea nisipurilor 439
9.5 Particularităţile culturii plantelor pe terenuri nisipoase 440
9.5.1 Asolamente 440
9.5.2 Fertilizarea solurilor nisipoase 443
9.5.3 Lucrările solului şi însămânţarea 449
9.5.4 Îngrijirea culturilor şi irigarea 450
9.6 Plantarea pomilor fructiferi şi a viţei de vie pe soluri nisipoase 452
9.7 Înfiinţarea pajiştilor pe terenuri nisipoase 456
Bibliografie 456

10. Recultivarea unor terenuri agricole degradate **458**
10.1 Terenuri agricole acoperite cu deşeuri şi reziduuri industriale 459
10.2 Terenuri poluate cu îngrăşăminte şi metale grele 471
10.3 Terenuri poluate cu ţiţei şi apă sărată 474
10.4 Terenuri mlăştinoase 476
10.5 Soluri compactate 485
Bibliografie 489

Scanned with OKEN Scanner

„Temelia agriculturii este pământul,
fațada acesteia este planta"
Amilcar Vasiliu

I. SOLUL - MEDIU DE CREŞTERE ŞI DEZVOLTARE A PLANTELOR

Solul s-a format în decursul secolelor şi mileniilor, la suprafața uscatului, în zona de contact a litosferei cu hidrosfera, atmosfera şi biosfera, din roci dezagregate şi substanță organică de natură vegetală şi animală. În urma unui proces îndelungat şi complex de solificare, solul devine fertil şi poate pune la dispoziția plantelor, simultan şi continuu, apa şi elementele nutritive necesare pentru creşterea şi dezvoltarea lor pe tot parcursul perioadei de vegetație. Pe lângă depozitar şi furnizor de elemente nutritive şi apă, solul este şi un recipient şi transformator de reziduuri şi purificator al mediului înconjurător. Solul este principalul mijloc de producție în agricultură şi în condițiile folosirii raționale nu se epuizează ci îşi sporeşte fertilitatea. Deşi are capacitate de autoregenerare, solul degradat nu se mai reface cum a fost deoarece nu se pot reproduce condițiile milenare de formare.

Solul este un organism viu, în care se află numeroase micro şi macroorganisme (bacterii, actinomicete, ciuperci, alge, râme etc) precum şi rădăcinile plantelor şi în acest mediu se petrec, în mod continuu, procese biochimice de transformare a substanțelor minerale şi organice, ajungându-se la compuşi solubili importanți pentru rodnicia pământului. Încă din antichitate solul a fost considerat suport şi mediu pentru plante şi - împreună cu apa, aerul şi focul - element esențial pentru viața omului. Totuşi, în unele zone ale globului omul s-a comportat ca un învingător şi a contribuit, în decursul timpului, la distrugerea vegetației, degradarea solului şi poluarea mediului, în general.

1.1 Principalele componente ale solului

Solul cuprinde trei categorii de componente: solide, lichide şi gazoase (fig. 1.1). Plantele se dezvoltă bine când partea solidă a solului ocupă aproximativ jumătate din volumul său iar celelalte două părți câte un sfert sau 2/3 apă şi 1/3 aer. Adesea, acest raport se modifică în favoarea apei sau a aerului şi apar fenomene de degradare a solului. *Canarache A.* (1990), arată că limitele de variație ale celor trei faze ale solurilor din România sunt următoarele: partea solidă 45 - 60 %, apa 15 - 35 % şi aerul 5 - 40 %.

1.1.1 Faza solidă a solului

Faza solidă a solului cuprinde constituenți minerali şi organici.

1.1.1.1 Partea minerală sau complexul mineral al solului reprezintă 60 - 90 % din masa solului în structură naturală şi este formată din minerale primare

Scanned with OKEN Scanner

(feldspaţi, amfiboli, mică etc) şi roci care au fost supuse unor procese complexe de dezagregare şi alterare, formându-se diferite fracţiuni granulometrice şi minerale secundare, cum ar fi cele argiloase, oxizii şi hidroxizii de siliciu, aluminiu ş. a.

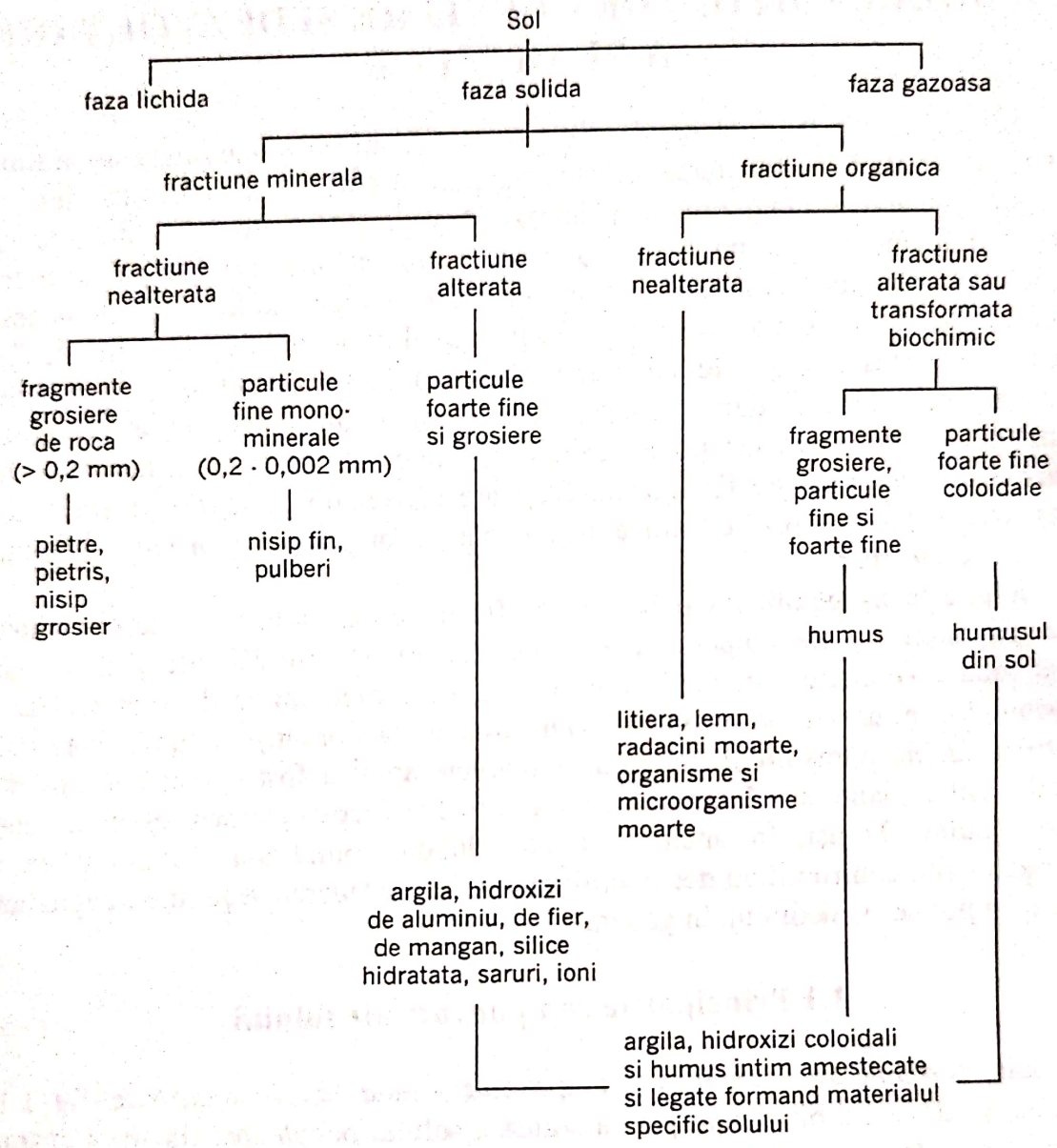


Fig. 1.1 Schema alcătuirii generale a solului (după *Chiriţă C. D.*, 1955)

1.1.1.2 Compuşii organici ai solului însumează 1 - 10 % din masa lui în structură naturală şi cuprind plante şi animale vii de pe sol şi din straturile superficiale ale acestuia, resturi de plante şi animale în curs de descompunere şi materia organică humificată. Compuşii organici din sol influenţează în mare măsură proprietăţile fizice, chimice şi mai ales pe cele biologice, după cum se arată schematic în tabelul 1.1. Apreciind importanţa materiei organice din sol, *Ducheaufour Ph.* (1988) consideră că aceasta este un intermediar între lumea vie şi lumea minerală.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.1

Acțiunea ameliorativă a substanței organice
asupra unor proprietăți fizice, chimice și biologice ale solului
(după *Davidescu D.* și colab., 1981)

Proprietăți fizice	Proprietăți chimice	Proprietăți biologice
Pe soluri nisipoase: • favorizează aglomerarea fracțiunilor foarte divizate în agregate stabile; • mărește capacitatea de reținerea apei; • împiedică spălarea elementelor de nutriție. Pe soluri argiloase: • fragmentează masa compactă în agregate stabile; • formează complexe argilo-humice; • protejează argila împotriva dispersiei de către apă, prin formarea unei structuri stabile; • micșorează rezistența solului la acțiunea pieselor mecanice; • îmbunătățește permeabilitatea pentru aer; • împiedică eroziunea solului; • micșorează consumul de energie la efectuarea lucrărilor agrotehnice.	• constituie o rezervă importantă de substanțe nutritive; • mineralizarea materiei orga-nice proaspete și a humusului stabil furnizează continuu ele-mente asimilabile pentru plante; • în calitate de coloid, humusul are rol esențial în creșterea capacității absorbante a solului; • reține elementele fertilizante aplicate de la spălare (acțiune sechestrantă); • bioxidul de carbon eliberat în timpul descompunerii materiei organice solubilizează sărurile greu solubile; • în prezența materiei orga-nice, fosfații, boratii, molibdații, sărurile de amoniu și potasiu sunt ușor accesibile plantelor; • participă la reacțiile oxido-reductive; • exercită acțiune directă asupra asimilabilității unor elemente nutritive (*Fe*, *Cu*, *Mn*); • pe soluri sărace în humus eficiența fertilizării chimice este redusă.	• reprezintă un mediu favorabil pentru activitatea biologică din sol; • este principala sursă de *C* și *N* pentru microorganisme; • favorizează activitatea microorganismelor aerobe, care mineralizează materia organică, eliberând *N*, *P*, *K*, *Ca*, *S*, *Mg*, *Zn*, *B*, *Cu*, *Fe* etc; • favorizează humificarea materiei organice; • conține auxine și gibereline, care stimulează creșterea plantelor; • mărește rezistența plantelor la condițiile nefavorabile de mediu; • favorizează formarea chelaților; • 40 t gunoi de grajd asigură un aport de circa 500 kg microorganisme în sol; • solurile sărace în materie organică au activitate biologică redusă; • este principala sursă de CO_2 pentru fotosinteză.

Vegetația și animalele vii din sol, în funcție de tipul de nutriție, pot fi autotrofe (producători), cum sunt plantele verzi, algele și unele bacterii sau heterotrofe (consumatori, descompunători) care folosesc substanțele sintetizate de viețuitoarele din prima grupă. *Foth H.* (1990) apreciază că în stratul de sol de la suprafață, până la 15 cm adâncime, materia organică moartă sau vie, formată din rădăcini, microorganisme și macroorganisme ajunge la 120 t/ha^1 (tab. 1.2). Plantele realizează o acumulare selectivă a unor elemente chimice în partea superioară a profilului de sol, unde predomină carbonul, hidrogenul, oxigenul și azotul.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.2

Masa materiei organice din sol în primii 15 cm (după *Foth H.*, 1990)

Categoria de masă organică	Masa substanței	
	%	kg/ha
Materie organică, vie şi moartă	6	120.000
Materie organică moartă	5,28	105.400
Rădăcini plante înalte	0,5	10.000
Microorganisme, din care: bacterii	0,10	2.600
Fungi	0,10	2.000
Actinomicete	0,01	220
Alge	0,0005	10
Protozoare	0,005	100
Nematode	0,001	20
Râme	0,005	100
Artropode, din care: colembole	0,0001	2
Acarieni	0,0001	2
Myriapode	0,001	20
Hymenoptrea	0,0002	5
Diplopode	0,0011	25
Diptere, Coleoptera, Lepidoptera	0,0015	35
Crustacee	0,0005	10
Animale vertebrate	0,0021	42

Organismele vii din sol. În straturile superficiale ale solului se dezvoltă rădăcini şi alte organe subterane ale plantelor, precum şi bacterii, actinomicete, ciuperci, alge iar microfauna şi macrofauna sunt reprezentate de protozoare, viermi, nematode, insecte, lumbricide etc. Aceste vieţuitoare participă la desfăşurarea diferitelor procese biochimice care au loc în sol: descompunerea substanţei organice, fixarea azotului atmosferic, formarea şi apoi mineralizarea humusului etc. *Obrejanu Gr.* (1972) arată că *„organismele vii reprezintă un puternic agent biochimic care transformă scoarţa terestră".*

Plantele superioare dezvoltă în sol rădăcini, rizomi, tuberculi, bulbi sau chiar fructe (arahide). Rădăcinile plantelor absorb apa şi elementele nutritive din soluţia solului şi le trimit în tulpini şi frunze iar pe terenurile în pantă şi cele nisipoase contribuie şi la fixarea solului. La unele specii, în rădăcini se depozitează şi substanţele de rezervă (sfeclă, morcov ş. a.). Rădăcinile leguminoaselor perene (lucernă, sparcetă etc) pătrund adânc în sol şi măresc în acest fel permeabilitatea şi capacitatea lui de înmagazinare a apei. Leguminoasele şi gramineele perene contribuie prin rădăcinile lor la îmbunătăţirea structurii solului. Plantele elimină prin rădăcini, în soluţia solului CO_2 şi unii anioni şi cationi iar în rizosfera rădăcinii se dezvoltă unele microorganisme. Pe rădăcini se formează un mare număr de peri radiculari (200 până la 400 pe mm^2) care măresc suprafaţa de contact cu solul. Adâncimea şi viteza de creştere a rădăcinilor variază de la o specie la alta şi în funcţie de condiţiile de mediu. În condiţii favorabile, rădăcinile mărului se pot

Scanned with OKEN Scanner

alungi cu 9 mm/zi, la ierburi cu 10 mm/zi iar la porumb şi dovleac cu până la 60 mm/zi (*Rodjers* citat de *Budoi Gh.* şi colab., 1996). Pentru buna înrădăcinare a plantelor solul trebuie să fie bine afânat, cu umiditatea cuprinsă între plafonul minim şi capacitatea de câmp, cu un conţinut echilibrat în substanţe nutritive şi oxigen. Cantitatea de rădăcini la plantele ierboase perene pe adâncimea de 1 m, oscilează între 8 - 13 t/ha în zona de pădure, 8 - 28 t/ha în zona de stepă şi 3 - 12 t/ha în zona de stepă aridă (*Obrejeanu Gr.* şi colab., 1972).

La recoltarea plantelor anuale, rădăcinile şi miriştea îmbogăţesc solul în substanţă organică, prin descompunerea căreia se majorează conţinutul în humus al solului (tab. 1.3).

Tabelul 1.3

Cantitatea medie de humus care rezultă din materia organică rămasă în sol după recoltare (după *Davidescu Velicica* şi *Davidescu D.*, 1999)

Materia organică	Introdus în sol (t/ha)	Substanţă uscată (%)	Humus stabil rezultat (kg/ha)
Sfeclă - frunze + colet	5	70	210
Leguminoase - mirişte	6	80	570
Solanacee - tulpini	5	50	250
Viţă de vie - frunze	5	70	420
Vărzoase	5	70	100
Cereale - mirişte	4	70	420
Livezi - frunze	4	70	330
Lucernă întoarsă	6	30	280

Bacteriile din sol au structură unicelulară, cu circa 0,005 mm în diametru şi participă la descompunerea substanţei organice, la circuitul azotului, a carbonului etc şi favorizează producerea a numeroase reacţii chimice. Numărul şi greutatea lor variază foarte mult, în funcţie de condiţiile de mediu. Un gram de sol poate conţine de la 1 milion până la 3 - 5 miliarde de bacterii iar greutatea lor, într-un strat de sol până la 20 cm adâncime, variază de la 400 - 4000 kg/ha (*Budoi Gh.* şi colab., 1996). În straturile mai adânci ale solului, la 20 - 25 cm, numărul bacteriilor este mai redus (tab. 1.4). În solul lucrat se dezvoltă mai multe bacterii decât în cel nelucrat. În apropierea rădăcinilor de grâu sau ale altor plante, numărul bacteriilor este cu mult mai mare decât la o distanţă de 15 - 20 cm (tab. 1.5).. În general, bacteriile se dezvoltă bine în solurile cu un conţinut potrivit de substanţă organică, cu umiditatea cuprinsă între 50 % şi 80 % din capacitatea de câmp, cu un conţinut de 10 - 20 % oxigen a aerului din sol, la temperaturi cuprinse între 25 şi 35 °C şi la reacţia neutră a solului. În condiţii de mediu nepotrivite, bacteriile îşi încetează activitatea dar rezistă totuşi la secetă, temperaturi scăzute sau ridicate, insuficienţa oxigenului etc. Se disting bacterii autotrofe şi heterotrofe. Cele din prima grupă obţin energia necesară proceselor vitale prin oxidarea compuşilor anorganici. Importante sunt cele care oxidează amoniacul (*Nitrosomonas*) şi nitriţii (*Nitrobacter*), denumite şi bacterii nitrificatoare. Bacteriile heterotrofe obţin energia din metabolizarea substanţelor organice şi se găsesc în număr foarte mare în sol. Unele dintre ele cum

Scanned with OKEN Scanner

ar fi: *Rhizobium sp.* (simbiotică), *Azotobacter chroococum* (aerobă), *Clostridium pasteurianum* (anaerobă) fixează azotul din aer sporind conținutul de azot organic al solului.

Tabelul 1.4

Răspândirea bacteriilor în orizonturile unor soluri podzolice - în milioane germeni pe gramul de sol (după *Razumov* citat de *Oprea C.* şi colab., 1975)

Adâncimea (cm)	Podzol mijlociu înțelenit	Adâncimea (cm)	Podzol mijlociu pădure
1,0 - 4,5	955,3	0 - 2,5	2693,0
4,5 - 7,5	852,9	2,5 - 5,0	2246,0
7,5 - 11,0	565,9	5 - 8	1781,5
11,0 - 15,0	402,6	9 - 12	782,6
15 - 19	87,1	12 - 15	517,0
19 - 23	71,0	16 - 20	355,9
23 - 28	50,0	21 - 25	265,6

Tabelul 1.5

Variația numerică a bacteriilor în funcție de distanța de la rădăcină (*Zarnea C.*, 1963)

Distanța de la rădăcină	Milioane bacterii / gram sol		
	Grâu	Sfeclă	Fasole
Pe suprafață	250	300	90
La 15 cm	30	22	20
La 35 cm	20	18	20
La 50 cm	20	15	17

Actinomicetele au structură unicelulară şi cele din familia *Streptomicete* produc în sol unele substanțe aromate cum ar fi acidul acetic, acetaldehida etc. Cele mai multe specii sunt aerobe şi se găsesc în număr mare în solurile cu pH neutru, bine aerate şi bogate în substanță organică. Ele participă, prin enzimele care le produc, la descompunerea produselor vegetale bogate în hidrați de carbon. Unele dintre ele cum ar fi *Nocardia* fixează azotul din aer iar *Strepromyces griseus* produce vitamina B_{12}.

Ciupercile din sol sunt organisme heterotrofe, în număr de câteva mii până la un milion la 1 g de sol, adică 800 - 1400 kg/ha în stratul de până la 18 cm adâncime (*Budoi Gh.*, 1996). Ele pot fi parazite, saprofite sau simbiotice. Cele parazite sunt agenți patogeni ai plantelor, cum ar fi *Rhizoctonia solani* care atacă tuberculii şi colții cartofului. Ciupercile saprofite îşi procură energia din descompunerea substanței organice din sol. Cele simbiotice trăiesc pe rădăcinile unor plante, folosind glucidele de la plantă iar aceasta beneficiază de azotul provenit din descompunerea miceliului ciupercii respective. Unele produc substanțe antibiotice pentru bacteriile din sol sau alte viețuitoare. Prin filamentele lor, ciupercile participă la formarea agregatelor structurale de sol. Ciupercile se dezvoltă bine în solurile aerisite şi suportă reacția acidă mai bine decât bacteriile şi actinomicetele.

Algele posedă clorofilă, pot sintetiza materie organică şi se dezvoltă la suprafața solului sau la mică adâncime unde găsesc lumină. Cele situate mai adânc în sol, unde nu au lumină, folosesc energia provenită din descompunerea substanței organice. În condiții favorabile numărul lor ajunge la 100.000 la 1 g de sol şi datorită asimilației

Scanned with OKEN Scanner

clorofiliene îmbogățesc solul în oxigen iar după moarte lasă în sol substanță organică. Unele specii (*Anabena variabilis*) pot fixa azotul din aer.

Protozoarele sunt animale unicelulare care populează stratul de sol până la 10 cm adâncime. Numărul şi distribuția lor variază după tipul de sol şi însuşirile acestuia. Pe soluri brune necultivate din regiunile temperate numărul protozoarelor ajunge la sute de milioane de m^2 (tab 1.6). Ele se hrănesc cu diferite specii de bacterii, alge sau ciuperci. S-a remarcat o creştere mai viguroasă a plantelor de porumb, ovăz şi sfeclă pe solurile bogate în protozoare şi aceasta se datorează, probabil, distrugerii unor ciuperci patogene. Prin întreaga lor activitate protozoarele participă la realizarea circuitului azotului, fosforului etc.

Tabelul 1.6

Densitatea şi biomasa faunei solului în zone temperate
(după *Bachelier G.* citat de *Tufescu V.*, 1981)

Grupul	Densitatea (nr/m^2)	Biomasa (g/m^2)
Protozoare	500.000.000	10,0
Nematode	10.000.000	15,0
Lumbricide	200	100,0
Enchytreide	25.000	3,0
Acarieni	200.000	0,05
Alte arahinde	60	9,1
Miriapode	1.250	2,0
Colembole	200.000	-
Alte insecte	350	2,0
Larve de coleoptere	100	3,5
Larve de diptere	400	

Nematodele sunt viermi filamentoşi care se mişcă prin porii solului cu diametru cuprins între 30 - 60 μ iar umiditatea influențează cel mai mult activitatea lor. În condiții favorabile numărul lor ajunge la 10 milioane pe m^2 într-un strat de sol pe grosimea de 0 - 20 cm (tab 1.6). Unele nematode se hrănesc cu resturi organice, altele cu bacterii, protozoare, alge etc iar altele sunt parazite pe plante. Pentru combaterea lor se aplică diferite măsuri agrotehnice care stimulează creşterea plantelor, precum şi rotația potrivită a culturilor.

Lumbricidele sau râmele formează populații care variază numeric de la 5 la 400 pe suprafața de 1 m^2 iar ca biomasă între 10 şi 200 g/m^2. *Lumbricus terrestris* este specia cea mai răspândită în țara noastră şi se hrăneşte cu resturi de plante pe care le trag în galeriile lor. Sunt preferate frunzele de cireş, de păr iar dintre legume cele de ceapă etc. Pe terenurile unde se aplică gunoi de grajd numărul râmelor poate spori de 3- 4 ori. Ele pot trece prin corpul lor 10 - 90 t/ha resturi vegetale şi sol anual, contribuind la formarea agregatelor hidrostabile. Galeriile săpate în sol asigură o circulație mai bună a apei şi aerului şi îmbunătățesc fertilitatea.

Descompunerea substanței organice din sol. În fiecare an rămân în sol cantități însemnate de substanță organică provenită din rădăcini, resturi de tulpini şi frunze ale plantelor cultivate, din flora şi fauna solului etc. Gunoiul de grajd,

Scanned with OKEN Scanner

compostul şi îngrăşămintele verzi care se aplică pe terenurile agricole îmbogăţesc, de asemenea, solul în substanţă organică.

Resturile vegetale provenite de la plantele ierboase conţin 20 - 40 % celuloză, 15 - 30 % hemiceluloză, 10 - 15 % lignină etc. Descompunerea acestor substanţe se produce sub acţiunea unor bacterii sau actinomicete - în mediu neutru sau slab alcalin - şi sub acţiunea dominantă a ciupercilor în mediu acid. Produsele finale ale descompunerii sunt acizi şi săruri (sulfaţi, fosfaţi etc) în condiţii aerobe şi CH_4, N_2, H_2, H_2S în condiţii anaerobe. Aeraţia, umiditatea potrivită a solului, temperatura cuprinsă între 25 - 37 °C favorizează înmulţirea şi activitatea microorganismelor şi grăbesc descompunerea. *Brady N.* (1980), citat de *Bucur N.* şi colab (1997), a constatat că la un an după introducerea în sol, resturile organice s-au transformat în compuşi humici complecşi (10 - 30 %), substanţe nehumice (3 - 8 %), biomasa microorganismelor din sol (3 - 8%), CO_2 (60 - 80 %). Odată cu degradarea ei, materia organică din sol devine mai bogată în protide şi mai săracă în celuloză etc (tab 1.7). Raportul *C/N*, din produsele vegetale, cuprins între 20 - 30 este potrivit pentru buna descompunere.

Tabelul 1.7

Compoziţia materiei organice din plante şi din sol după descompunere (după *Dorneanu A.*, 1976)

Componente	Materie organică	
	plantă	sol
Celuloză	20 - 50	2 - 10
Hemiceluloză	10 - 20	0 - 2
Lignină	10 - 30	35 - 50
Lipide, tanin	1 - 8	1 - 8
Protide	1 - 15	28 - 35

Substanţele organice bogate în azot se descompun în două trepte, cunoscute sub denumirea de amonificarea şi nitrificare. În prima treaptă se produce desfacerea moleculelor complexe de substanţe proteice până la aminoacizi şi în continuare se ajunge la NH_3, CO_2, H_2O etc. Azotul amoniacal este folosit parţial în nutriţia plantelor sau se transformă în azot nitric şi nitraţi. Aceste procese au loc sub acţiunea diferitelor bacterii, actinomicete şi ciuperci. Proteinele de origine animală se descompun mai repede iar cele de origine vegetală şi din humus se descompun mai lent.

Nitrificarea se referă la convertirea azotului amoniacal în azot nitric şi prezintă importanţă deosebită pentru că acidul nitric se combină cu diferite elemente din sol formând nitraţi, folosiţi în nutriţia plantelor. Transformarea azotului amoniacal în azot nitric se produce în două etape. Bacteriile din genurile *Nitrosomonas*, *Nitrosospira* etc transformă ionii NH_4^+ în ioni NO_2^-, după care bacteriile din genul *Nitrobacter* transformă ionii NO_2^- în NO_3^-.

$$2\,NH_3 + 3\,O_2 = 2\,HNO_2 + 2\,H_2O + energie\ (66\ Kcal)$$

$$2\,HNO_2 + O_2 = 2\,HNO_3 + energie\ (17\ Kcal)$$

Bacteriile nitrificatoare sunt strict aerobe şi autotrofe, insuficienţa oxigenului frânând activitatea lor. Cerinţele faţă de oxigen ale acestor bacterii sunt mult mai mari decât a altor microorganisme.

Denitrificarea este procesul de reducere a nitraţilor în azot amoniacal şi azot molecular şi se produce sub acţiunea diferitelor bacterii anaerobe cum ar fi:

Scanned with OKEN Scanner

Bacterium coli, *Pseudomonas denitrificans* etc. Aceste procese se petrec în solurile cu aer insuficient datorită tasării sau apei în exces, unde se acumulează cantități mari de substanță organică nedescompusă. Prin afânarea repetată a solului, eliminarea excesului de apă, asigurarea unui regim aero-hidric favorabil, aplicarea îngrășămintelor organice bine fermentate se creează condiții favorabile pentru desfășurarea normală a procesului de nitrificare și buna nutriție a plantelor.

În urma complexelor procese de descompunere a resturilor organice se formează diferite tipuri de humus: mor (humus brut), moder și mull.

Humusul brut se formează în solurile de pădure și cuprinde un strat superior cu resturi organice puțin alterate, altul mijlociu, numit *de fermentare*, cu substanță organică alterată și un strat inferior, format din humus amorf. După natura resturilor organice și grosimea straturilor, se formează subtipuri de humus brut.

Humusul de tip moder este într-un stadiu mai avansat de humificare decât humusul brut. La moderul grosier se pot distinge fragmente din țesuturile organice, pe când la moderul fin aceste fragmente nu se mai regăsesc. Când scheletul mineral este silicatic, se formează un humus moderat silicatic.

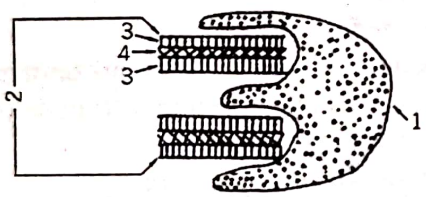


Fig. 1.2 Complex argilo-humic format prin pătrunderea acizilor humici între pachetele foițelor elementare ale argilelor
1 - acizi humici; 2 - particulă argiloasă;
3 - foiță tetraedrică; 4 - foiță octaedrică

Humusul de tip mull se află într-un stadiu și mai avansat de humuficare, fiind amestecat cu partea minerală a solului - datorită activității micro și macroorganismelor - formând complexe organo-minerale, cum ar fi cele argilo-humice (fig. 1.2), argilo-feri-humice, humico-aluminice etc. Aceste complexe conțin, în special, cationi de *Ca*, *Mn*, *Al*, și *Fe*, care joacă un rol important în procesul de chelare a macromoleculelor organice iar compușii formați prezintă o rezistență sporită la acțiunea de mineralizare a substanțelor organice și asigură stabilitatea acestora în sol.

În zonele de stepă se întâlnește un humus de tip mull calcic saturat cu baze și prezintă o activitate biologică ridicată.

Tabelul 1.8

Conținutul în elemente chimice a acizilor humici și fulvici (%) (după *Schnitzer*, citat de *Oprea C. V.* și colab., 1975)

Elemente	Acizi	
	humici	fluvici
Carbon	56,72	50,92
Hidrogen	5,21	3,34
Azot	2,37	0,74
Sulf	0,35	0,26
Oxigen	35,35	44,74

Douchaufour Ph. (1988) face o clasificare biochimică a tipurilor de humus, distingând patru categorii: humus slab evoluat, evoluat, evoluat cu maturitate bioclimatică și humus a cărui evoluție este modificată de hidromorfie (turbă). Humusul este format din acizi humici, fulvici, humine etc și conține peste 50 % carbon (tab. 1.8).

Condițiile de formare și caracteristicile principalelor tipurilor de humus sunt prezentate în tabelul 1.9.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.9

Prezentarea schematică a principalelor tipuri de humus (după *Barbault R.*, 1995)

Condiții de mediu	Tipuri de humus	Caracteristici și consecințe
• mediu aerat; • substrat calcaros sau puțin acid; • climat temperat cu tendințe continentale; • vegetație bogată în litieră, azot și elemente nutritive (păduri de foioase sau în amestec).	→ MULL (humus dulce)	• litieră subțire, slabă; • descompunere rapidă a materiei organice; • raport C/N scăzut (10 - 15); • complexe argilo-humice stabile (pH = 5,5 - 8,0); • pedofaună activă, abundă lumbricidele; • mineralizare rapidă; • brunificație.
• mediu aerat; • substrat nisipos acid; • climat temperat cu nuanță oceanică; • vegetație săracă în litieră, azot și elemente nutritive (păduri de foioase monospecifice).	→ MODER (humus acid)	• strat redus de materie organică pură la suprafață; • raport C/N mediu (15 - 20); • materie organică nelegată de materia minerală; • pH = 5,5 - 8,0; • pedofaună puțin activă, prezența peste tot a enchytridelor și microartropodelor; • mineralizare lentă; • tendință spre podzolire.
• mediu aerat; • substrat nisipos foarte acid; • climate umede și reci; • vegetație cu litieră foarte săracă în azot și elemente nutritive (câmpii acide, păduri de rășinoase).	→ MOR	• orizont organic grosier, incomplet humificat; • humificare lentă; • raport C/N ridicat (> 20); • materie organică suprapusă peste cea minerală (pH < 4,5); • pedofaună foarte puțin activă (enchytride și microartropode); • mineralizare lentă; • podzolire.
• mediu saturat cu apă; • substrat calcaros sau nisipos.	→ TURBĂ	• acumulare abundentă de materie organică (mai mulți metri înălțime); • activitate biologică foarte slabă.

Cercetările din ultimele decenii ale secolului XX au dovedit că humusul este componentul care imprimă solului însușirile de fertilitate. *Popacostea P.* (1976) arăta că humusul îndeplinește 3 roluri importante:

- ✓ ameliorează structura solului, îmbunătățind regimul aero-hidric;
- ✓ particulele coloidale de humus adsorb din soluția solului ionii elementelor nutritive pe care îi cedează apoi plantelor;
- ✓ participă direct la nutriția microorganismelor din sol.

Un gram de humus poate reține 3 - 5 g apă și are capacitate mare de a complexa ionii metalici. Humusul asigură o structură bună a solului și un regim

Scanned with OKEN Scanner

favorabil de circulație a apei și a aerului, precum și capacitate ridicată de schimb cationic și saturația complexului argilo-humic cu baze schimbabile. Fertilitatea solului se apreciază, în general, după conținutul lui în humus (tab. 1.10) iar procentul de humus al solurilor din România se prezintă în figura 1.3.

Tabelul 1.10

Caracterizarea fertilității solului după conținutul în humus al orizontului arabil (după *Davidescu Velicica* și *Davidescu D.*, 1999)

Caracterizarea fertilității		Conținutul în humus (%)
Textură		
Mijlocie și fină (grea)	Grosieră (ușoară)	
Foarte scăzută	Scăzută	≤ 1
Scăzută	Mijlocie	1,1 - 2,0
Mijlocie	Mijlocie spre ridicată	2,1 - 3,0
Mijlocie spre ridicată	Ridicată	3,1 - 4,0
Ridicată	Foarte ridicată	4,1 - 5,0
Foarte ridicată	Extrem de ridicată	5,1 - 6,0
Extrem de ridicată	-	> 8,1

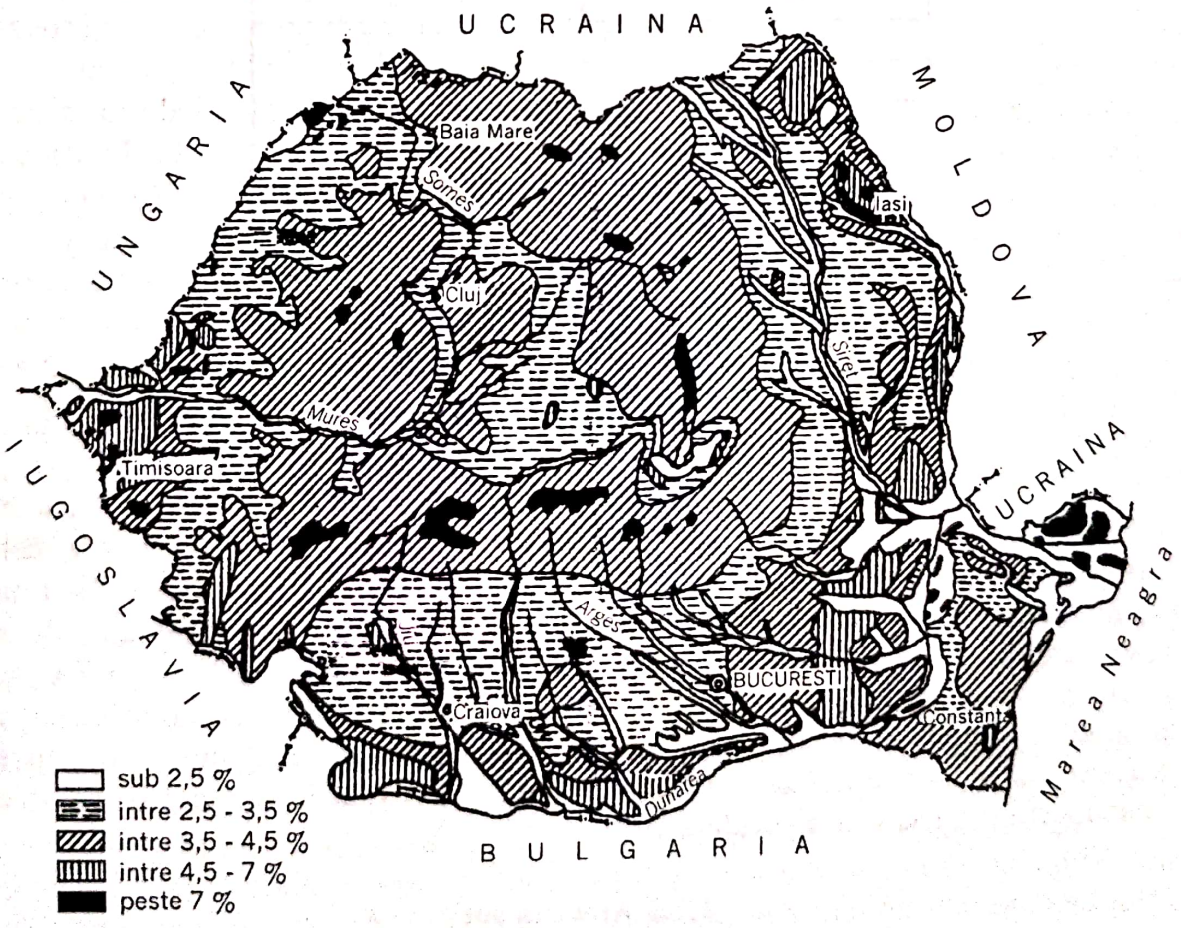


Fig. 1.3 Cartograma conținutului solurilor în humus (după *Davidescu Velicica* și *Davidescu D.*, 1999)

Scanned with OKEN Scanner

Pe un sol cu un conținut de humus de 3 - 4 % sunt suficiente doze mici de îngrășăminte cu azot (40 - 60 kg/ha) pentru a obține producții de 6 - 7 t/ha porumb iar la un sol cu 1 - 2 % humus sunt necesare doze mari (150 - 200 kg/ha) pentru a obține aceeași producție.

Experiențe organizate în deceniile trecute au dovedit că materia organică, sub formă de acid humic, humați sau paie - în diferite faze de descompunere - influențează favorabil creșterea plantelor. Astfel, humatul de amoniu adăugat unei soluții nutritive, accelerează absorbția de către plante a azotului, fosforului și a altor elemente, stimulând creșterea plantelor de secară (tab. 1.11).

Tabelul 1.11

Cantitatea de elemente nutritive (mg) extrasă în 18 zile de plantele de secară din soluții cu și fără humus (după *Chaminade R.*, 1952)

Elemente nutritive adăugate (mg)	*N*	P_2O_5	K_2O	*CaO*	*MgO*
Fără humus					
5	0,5	0,4	29,3	4,4	4,3
10	0,5	0,5	30,0	4,4	4,4
20	2,9	3,0	31,0	4,0	4,2
30	4,5	1,7	34,3	4,9	5,5
40	4,2	4,2	35,2	4,7	5,0
Cu humus					
5	0,7	0,6	28,9	4,9	4,4
10	1,0	4,1	35,4	5,3	5,2
20	3,2	3,7	36,1	5,3	4,9
30	5,7	4,6	35,9	5,2	5,0
40	9,2	5,1	42,3	5,1	5,3

Circa 3/4 din azotul reținut durabil în sol se află în componenții humusului.

În condițiile climatice din zona temperată, în fiecare an, 1 - 2 % din cantitatea totală de materie organică din sol se degradează și se mineralizează. Ritmul de descompunere depinde de textura solului, temperatura, natura substanței organice etc. În solurile nisipoase, descompunerea se produce mai repede iar în cele argiloase mai încet, paiele și tulpinile de porumb se descompun abia după 3 - 4 ani iar gunoiul de grajd mai repede. Într-un sol cu un conținut de humus de 2 % în stratul arabil până la 25 cm adâncime, se descompune anual 1200 - 1300 kg/ha humus pe sol cu textura nisipoasă și 900 kg/ha pe teren argilos. Conținutul în azot al solului și raportul carbon : azot obținut la descompunerea materiei organice, influențează în mod hotărâtor fertilitatea solului și cu cât acest raport este mai mic, cu atât fertilitatea sa este mai ridicată.

1.1.2 Apa din sol

Apa din sol ocupă un volum mai mic decât partea solidă a solului dar prezintă deosebită importanță pentru plante.

Scanned with OKEN Scanner

1.1.2.1 Formele de apă din sol. Diverşi cercetători s-au ocupat de studiul interacţiunii dintre apă şi partea solidă a solului şi au propus diferite sisteme de clasificare a apei în funcţie de energia de reţinere a acesteia de către particulele solide din sol. În ordine descrescândă a acestei energii se deosebesc: apa legată chimic, apa adsorbită, apa capilară şi apa gravitaţională. Împărţirea apei în aceste categorii nu este strict delimitată, ci are - într-o oarecare măsură - un caracter convenţional. Trecerea de la o formă sau categorie de apă la alta are loc în mod treptat, întrucât câmpurile forţelor ce acţionează asupra apei se suprapun la limita trecerii de la o formă la alta.

Apa legată chimic intră în compoziţia fazei solide a solului ca apă de constituţie, sub formă de ioni hidroxil (OH^-) şi sub formă moleculară (H_2O) ca apă de cristalizare care participă la formarea reţelei cristaline a mineralelor ce alcătuiesc solul. Energia de legătură a apei de cristalizare depinde de numărul moleculelor ce participă la cristalizare.

Apa în stare de vapori se întâlneşte în spaţiul lacunar al solului şi se deplasează cu uşurinţă în toate direcţiile. În timpul verii vaporii de apă pot trece în atmosferă iar în sezonul răcoros ei se condensează formând rouă interioară, care contribuie la sporirea umidităţii solului şi aprovizionarea cu apă a plantelor, mai ales pe soluri nisipoase. Se apreciază că în zonele secetoase curentul ascendent al vaporilor de apă poate umezi solul, pe un strat gros de 1 m, cu 10 - 14 mm *(Kauriceva*, 1989). Din solurile puternic afânate se pierd însemnate cantităţi de apă care trec sub formă de vapori în atmosferă, odată cu primenirea aerului din spaţiul lacunar al solului. Energia de rupere a forţelor de coeziune între moleculele de apă, numită şi căldură moleculară de evaporare, creşte odată cu temperatura.

Apa adsorbită. Particulele solide care alcătuiesc solul fiind hidrofile, au tendinţa de a se acoperi cu un strat subţire de apă, fenomen fizic care se numeşte adsorbţie sau sorbţie superficială. Cantitatea de apă adsorbită depinde de textură. Astfel, 1 m^3 de nisip fin reţine 0,56 1 de apă iar 1 m^3 de argilă 385 1. Particulele coloidale de minerale argiloase şi humus reţin de 15 ori mai multă apă decât greutatea lor. Adsorbţia se poate combina cu unele fenomene electrolitice. Astfel, în timpul alterării mineralelor, particulele de sol pierd o parte dintre cationii de la suprafaţă şi rămân în exces anionii care reţin cationi de H^+ şi unii cationi metalici (Li, Na^+, K^+, Mg^{2+}, Al^{3+} etc), formând aşa numitul strat de contraioni. Alţi cationi, înconjuraţi de dipoli de apă, sunt menţinuţi la diferite distanţe şi formează stratul difuz. Astfel, în anumite zone din jurul particulei solide, cationii sunt legaţi prin intermediul dipolilor de apă care formează pelicula adsorbită. Mobilitatea ionilor şi a dipolilor de apă este cu atât mai mică cu cât aceştia sunt mai apropiaţi de particula solidă. Pierderea mobilităţii lor este echivalentă cu reducerea energiei cinetice şi aceasta se produce cu degajarea de energie calorică, numită căldură de umezire.

Grosimea stratului de apă adsorbită depinde de natura şi de valenţa ionilor. Cu cât valenţa ionilor este mai mare, cu atât grosimea peliculei de apă este mai mică căci sarcinile electrice ale particulei sunt compensate de un număr mai redus de ioni. În imediata vecinătate a particulei solide (0,005 μ) apa este reţinută cu o

Scanned with OKEN Scanner

presiune foarte mare (până la 10.000 bari) şi, de aceea, are densitatea deosebit de mare şi însuşiri apropiate de cele ale unui corp solid. Pe măsură ce creşte distanţa de la particula solidă, această presiune se reduce şi densitatea apei scade, devenind un corp vâscos şi apoi din ce în ce mai fluid. La distanţă de 0,25 - 0,50 μ, energia cinetică a dipolilor de apă echilibrează şi apoi depăşeşte atracţia particulei, apa devine liberă. Când apa liberă vine în contact cu particulele de sol sărace în apă, se produce o migraţie a dipolilor apei către aceste particule, care au tendinţa de a-şi realiza grosimea maximă a peliculei de apă adsorbită şi în porii solului apare astfel un deficit de presiune. Între particulele de argilă acoperite cu apă de adsorbţie se pot stabili punţi de legătură prin intermediul ionilor şi dipolilor de apă.

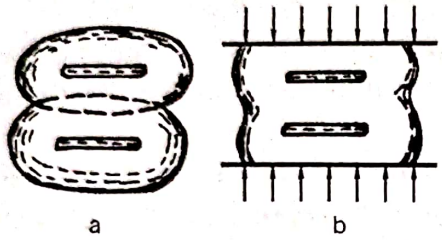


Fig. 1.4 Compresiunea solurilor argiloase (după *Chiriţă C. D.*, 1974)

La comprimarea solurilor argiloase, particulele solide se apropie între ele dar nu se ating, între ele menţinându-se o peliculă din apa adsorbită (fig. 1.4). Grosimea acestei pelicule depinde de componenţa complexului adsorbtiv şi de presiunea care se exercită. Aşa de exemplu, ionii de *Na* din complexul adsorbtiv al solului determină formarea unei pelicule groase de apă adsorbită. Această peliculă groasă reduce lumenul prin care se deplasează apa liberă în spaţiul lacunar al solului şi de aceea solurile cu un conţinut ridicat în sodiu au o permeabilitate redusă. Ionii de calciu determină formarea unei pelicule mai subţire de apă adsorbtivă. La o presiune redusă, particula de apă adsorbită se reface şi solul îşi sporeşte volumul prin aşa numita gonflare.

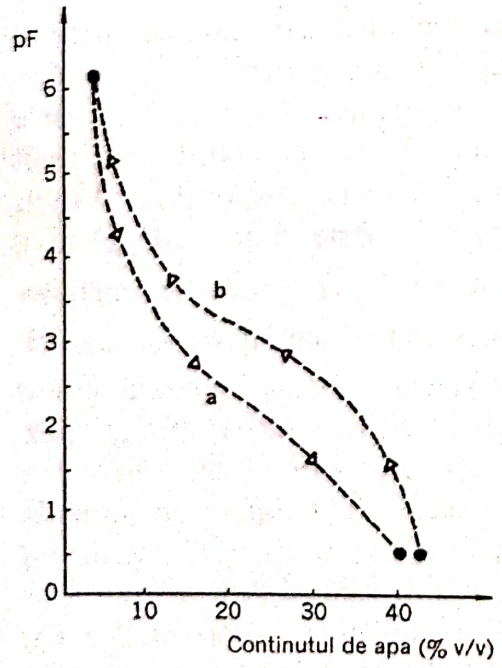


Fig. 1.5 Fenomenul de histerezis (după *Baver*, 1972)
a - sorbţie; b - desorbţie

Dacă într-o atmosferă umedă se lasă un timp îndelungat o probă de sol uscat, aceasta se umezeşte până la atingerea unei umidităţii constante. Conţinutul în apă al solului variază direct proporţional cu umiditatea aerului.

Condensarea vaporilor de apă începe în spaţiile cele mai fine şi se continuă în cele cu diametrul din ce în ce mai mare. Reprezentarea grafică a acestui fenomen, pentru temperatură constantă, apare ca o curbă în formă de *S*, denumită izoterma de sorbţie. Dacă se porneşte de la probe de sol cu umiditatea foarte mare, introduse în spaţii cu umiditate relativă a aerului din ce în ce mai redusă, are loc un proces de micşorare a umidităţii solului, obţinându-se în reprezentarea grafică o izotermă de desorbţie. Între cele două

Scanned with OKEN Scanner

izoterme de sorbţie şi desorbţie se formează o buclă, datorită efectului de histerezis (fig. 1.5). Apa adsorbită se poate găsi ca apă de higroscopicitate şi apă peliculară.

Apa de higroscopicitate apare sub forma unor straturi de 15 - 20 molecule de apă reţinute la suprafaţa particulelor de sol, datorită valenţelor nesaturate ale ionilor periferici şi se comportă ca un corp solid elastic, care îngheaţă la temperatură foarte scăzută (- 78 °C).

Cantitatea de apă de higroscopicitate reţinută de sol depinde de mărimea particulelor ce alcătuiesc solul, felul mineralelor argiloase, conţinutul în humus şi natura lui precum şi de tensiunea relativă a vaporilor de apă din aerul situat în vecinătatea solului. Aşa de exemplu, argila care conţine calciu reţine mai multă apă decât cea care conţine sodiu.

La umiditatea relativă a aerului de 94 - 98 % se acumulează apă de higroscopicitate în cantitate maximă (coeficientul de higroscopicitate). Cu cât particulele de sol sunt mai fine, cu atât vor avea suprafaţa specifică mai mare şi vor reţine mai multe molecule de apă. Datorită forţei mari cu care este reţinută, apa de higroscopicitate nu circulă în spaţiul lacunar, nu dizolvă săruri şi nu poate fi folosită de către plante. Apa de higroscopicitate reprezintă 0,5 - 1 % din greutatea solurilor nisipoase, sărace în humus şi poate ajunge la 8 - 14 % în solurile argiloase, bogate în humus (*Dorneanu A.*, 1976). Apa de higroscopicitate şi o parte din apa peliculara formează aşa numita apă *strâns legată* sau *stabil legată.*

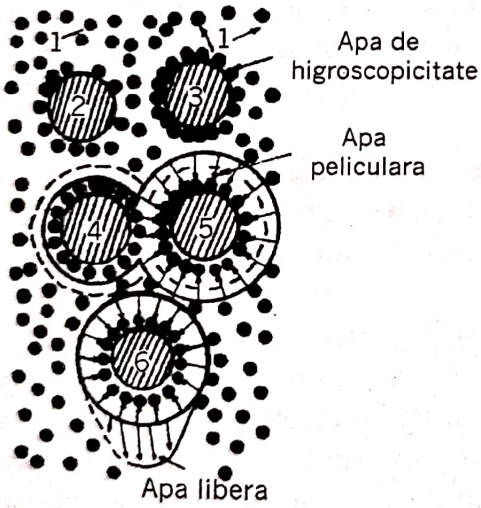


Fig. 1.6 Apa de higroscopicitate peliculara şi gravitaţională

Apa peliculară îmbracă ca o membrană lichidă suprafaţa particulelor de sol şi stratul de apă higroscopică. Solul umezit cu apă peliculară capătă o culoare mai închisă, caracteristică solului umed. Apa peliculară este legată prin acţiunea forţelor de atracţie a suprafeţei particulelor şi sub acţiunea cationilor adsorbiţi. Presiunea cu care este reţinută apa peliculară variază între 50 şi 0,5 atmosfere. Pătura externă a stratului de apă peliculară reţinută cu o forţă mai mică de 15 atmosfere are o mişcare lentă şi poate fi folosită, într-o oarecare măsură de plante, împiedicând apariţia procesului de ofilire. Apa peliculară, numită şi apă *slab legată* se deplasează de la particulele cu peliculă mai groasă către cele cu peliculă mai subţire (fig. 1.6).

Apa capilară, numită şi *apă liberă,* se acumulează în spaţiile capilare ale solului numai după ce particulele de sol s-au îmbrăcat cu stratul de apă peliculară (pF = 4,5 - 2,7). Ţinând seama de mobilitatea apei capilare şi uşurinţa cu care poate fi extrasă din sol *Dolgov S. I.* (1948) distinge trei categorii:

- ✓ apa capilară imobilă, de colţuri sau izolată;
- ✓ apa capilară mobilă sau funiculară;
- ✓ apa capilară uşor mobilă.

Scanned with OKEN Scanner

Apa capilară imobilă, reprezintă primele picături de apă care încep să se acumuleze izolat în spațiile capilare, la punctele de contact dintre particulele de sol. La un grad mai mare de umiditate, când se stabileşte o legătură între aceste picături şi se formează fâşii înguste de apă, se consideră că s-a ajuns la apa capilară mobilă. Când întreaga rețea de spații capilare este plină cu apă se consideră că s-a constituit apa capilară uşor mobilă. Deasupra unei pânze de apă freatică se remarcă o ascensiune a apei în spațiile capilare şi aceasta este numită apă capilară sprijinită iar limita maximă până la care se ridică poartă şi numele de franj capilar.

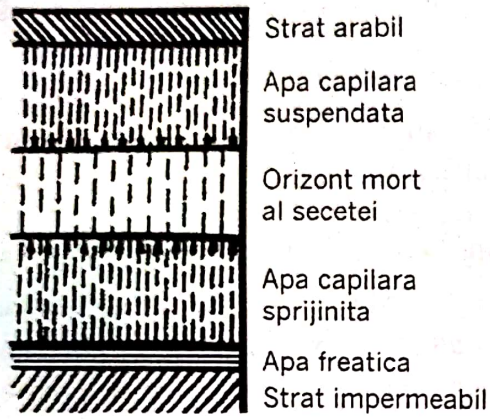


Fig. 1.7 Schema repartiției apei într-un profil de sol cu pânza freatică la mare adâncime

În zonele secetoase, cu apă freatică situată la mare adâncime, se acumulează în spațiile capilare de la suprafața solului apa provenită din ploi sau irigații şi aceasta poartă numele de apă capilară suspendată, între apa capilară sprijinită şi cea suspendată fiind posibilă apariția unei zone mai uscate, numită orizontul mort al secetei (fig. 1.7). Apa capilară este reținută cu forțe mai mici de 0,5 atmosfere şi poate fi folosită cu uşurință de către plante. În apa capilară sunt dizolvate toate substanțele solubile din sol şi se creează mediul cel mai activ pentru toate procesele de absorbție a apei şi elementelor nutritive de către rădăcini.

Apa gravitațională se găseşte în spațiile mai mari decât porii capilari. Ea se infiltrează destul de repede în adâncime, sub acțiunea gravitației şi este puțin folosită de plante (pF = 2,7 - 0). Apa gravitațională ajunsă deasupra unor roci impermeabile alimentează straturi acvifere, care pot fi libere sau captive. Cele libere sunt delimitate de roci impermeabile numai în partea inferioară şi pot primi apa prin infiltrație de la suprafața solului. Când apa se adună deasupra unui strat semipermeabil şi se menține o scurtă perioadă de timp ea formează un strat acvifer efemer sau temporar. Straturile acvifere captive sunt delimitate de roci impermeabile şi în partea superioară iar apa pătrunde pe la capete şi se găseşte adesea sub presiune, datorită diferenței de nivel dintre zona de alimentare şi punctul de drenare, având tendința de a se ridica spre nivelul hidrostatic al zonei de alimentare. Dacă această apă în ascensiune depăşeşte nivelul terenului se numeşte arteziană iar dacă nu-l depăşeşte, se numeşte ascensională iar nivelul până la care se ridică se numeşte nivel piezometric.

Pentru practica agricolă interesează adâncimea la care se găseşte apa freatică şi gradul ei de mineralizare. Adâncimea de la care apa freatică se poate ridica prin capilare până la suprafața solului, producând salinizarea, poartă numele de adâncime critică iar mineralizarea ce determină salinizarea solului se numeşte mineralizare critică. Adâncimea mai mare, de la care apa poate ajunge numai până la baza profilului de sol, se numeşte adâncime subcritică iar apele mai profunde

Scanned with OKEN Scanner

care nu pot ajunge prin capilare nici la baza profilului sunt considerate la adâncime acritică.

Apa freatică aflată la adâncime subcritică, în soluri freatic umede, poate aproviziona plantele asigurând recolte bune şi în perioade de secetă iar apa aflată la adâncime critică poate determina formarea unor soluri cu fertilitate redusă (hidromorfe, halomorfe, salinizate, alcalinizate, gleizate etc). În solurile cu apa freatică la adâncime acritică se pot acumula rezerve de apă provenită din precipitaţii sau irigarea de aprovizionare şi aceasta rămâne la dispoziţia plantelor în perioadele de secetă. În general, la dirijarea regimului hidric al solului trebuie să se ţină seamă atât de adâncimea apei freatice cât şi de înălţimea ascensiunii capilare a acesteia, pentru a asigura rezerve de apă în sol fără a determina degradarea acestuia.

Gradul de mineralizare a apelor freatice variază în funcţie de conţinutul în săruri a rocilor din care s-a format solul şi în funcţie de condiţiile climatice. În zonele de stepă, gradul de mineralizare a apelor freatice este mai mare decât în zonele de pădure iar apele situate aproape de suprafaţă sunt mai puternic mineralizate faţă de cele situate la adâncime mai mare.

1.1.2.2 Indicii hidrofizici reprezintă valori caracteristice ale umidităţii solului, la care apar modificări sensibile ale mobilităţii şi accesibilităţii apei pentru plante, marcând uneori treceri de la o formă de apă la alta. Aceşti indici reprezintă unităţi de măsură statice şi au importanţă pentru cultura plantelor, lucrările de îmbunătăţiri funciare etc.

Coeficientul de higroscopicitate (*CH*) sau higroscopicitatea maximă, reprezintă cantitatea maximă de apă pe care o poate reţine un sol uscat, dispus într-o atmosferă închisă, în prezenţa unei soluţii de acid sulfuric de concentraţie 10 %, la temperatura de 25 °C, condiţii în care umiditatea relativă a aerului este de 94 - 96 %, iar presiunea osmotică de circa 50 atmosfere (coeficient de higroscopicitate *Mitscherlich*). Grosimea peliculei de apă pe care o reţine particula de sol este de 2,5 milimicroni iar valoarea pF = 4,7. în general, solurile nisipoase sărace în humus au coeficientul de higroscopicitate 2,1 - 3,0 %, iar solurile lutoase şi argiloase 8 -14 %.

Coeficientul de ofilire (*CO*) exprimă starea de umiditate ce se realizează într-un sol în prealabil saturat cu apă şi supus unei forţe de sucţiune de 15 atmosfere. La această umiditate a solului plantele se ofilesc şi nu-şi mai recapătă turgescenţa, chiar dacă sunt introduse într-o atmosferă saturată cu vapori de apă. Coeficientul de ofilire reprezintă deci, limita inferioară a apei disponibile pentru plante. Acest indice hidrofizic este mult influenţat de textura solului, conţinutul lui în humus etc, dar într-o oarecare măsură şi de planta cultivată (tab. 1.12).

Cunoscând valoarea coeficientului de higroscopicitate se poate calcula mărimea coeficientului de ofilire, prin înmulţire cu 1,5. Pentru cernoziomurile din ţara noastră se înmulţeşte cu 1,7 - 2,5.

Valoarea pF corespunzătoare coeficientului de ofilire este de 4,2 (4,0 - 4,4). În general, umiditatea corespunzătoare coeficientului de ofilire reprezintă 1 - 3 % din greutatea solurilor nisipoase sărace în humus şi ajunge la 18 - 20 % în solurile argiloase bogate în humus (tab. 1.13). Aprecierea valorii coeficientul de ofilire se face conform datelor din tabelul 1.14. Accesibilitatea apei pentru plante depinde şi

Scanned with OKEN Scanner

de conținutul ei în săruri căci, pe măsură ce creşte concentrația soluției solului plantele folosesc tot mai greu apa, chiar dacă umiditatea solului nu a coborât până la coeficientul de ofilire. În realitate este vorba de un interval de ofilire.

Tabelul 1.12

Conținutul în apă (%) corespunzător coeficientului de ofilire la soluri de diferite texturi şi sub diverse culturi (după *Tombesi L.*, 1966)

Cultura	Textura solului				
	nisip grosier	nisip fin	nisipo-lutos	lutos	argilo-lutos
Porumb	1,07	3,1	6,5	9,9	15,5
Sorg	0,94	3,6	5,9	10,0	4,1
Grâu	0,88	3,3	6,3	10,3	14,5
Ovăz	1,07	3,5	5,9	11,1	14,8
Mazăre	1,02	3,3	6,9	12,4	16,6
Tomate	1,11	3,3	6,9	11,7	15,3
Orez	0,96	2,7	5,6	10,1	13,0

Tabelul 1.13

Valori frecvente, orientative, ale unor indici hidrofizici pentru principalele soluri agricole din România (după *Canarache A.*, 1990)

Soluri	CO (% g/g)	CC (% g/g)	CT (% g/g)	CU (% g/g)	CD (% g/g)
Soluri bălane	5-9	19-25	38-42	14-18	15-19
Cernoziomuri	8-12	20-26	37-41	12-16	13-17
Cernoziomuri freatic umede	9-13	21-27	35-39	11-15	11-15
Cernoziomuri cambice	9-13	21-27	34-38	10-14	10-14
Cernoziomuri argilo-iluviale	10-14	20-26	32-36	9-13	9-13
Soluri cenuşii	7-11	18-24	29-33	10-14	8-12
Soluri brun roşcate	11-15	20-26	29-33	8-12	7-11
Vertisoluri şi soluri vertice	16-20	26-32	34-38	8-12	6-10
Psamosoluri şi alte soluri nisipoase	1-3	6-12	30-34	6-10	21-25
Soluri gleice	15-25	25-31	54-62	5-9	26-34
Soluri aluviale şi lăcovişti drenate, cu textură:					
- grosieră	1-5	13-19	34-38	10-14	18-22
- mijlocie	5-11	19-25	35-39	12-16	13-17
- fină	12-18	22-28	33-37	7-11	8-12
Soluri aluviale şi lăcovişti cu apă freatică în profil cu textură:					
- grosieră	1-5	13-19	35-39	10-14	18-24
- mijlocie	5-11	19-25	34-38	12-16	11-17
- fină	12-18	22-28	36-40	8-12	10-16

Capacitatea pentru apă în câmp (*CC*) sau capacitatea de câmp, reprezintă cantitatea de apă reținută în mod durabil de un sol permeabil, umezit în exces, după

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.14

Aprecierea valorilor coeficientului de ofilire şi capacităţii pentru apă în câmp

Caracterizarea valorilor	CO (%g/g)	CC (%g/g)
Foarte mici	sub 4	sub 11
Mici	4 - 8	11 - 20
Mijlocii	8 - 12	20 - 25
Mari	12 - 16	25 - 30
Foarte mari	peste 16	peste 30

scurgerea în profunzime a excesului de apă sau cantitatea maximă de apă capilară suspendată pe care o poate reţine solul la o umectare puternică din ploi sau irigaţii. După *Dolgov S. I.* (1948) solul conţine în această situaţie pe lângă apa peliculară şi apă capilară imobilă şi mobilă, fără cea uşor mobilă. Cantitatea de apă corespunzătoare capacităţii de câmp reprezintă aproximativ 70 % din capacitatea totală capilară. Valoarea *pF* corespunzătoare este 2,5 (2 - 3,1) iar forţa de reţinere a apei înregistrează valori între 0,1 - 0,4 atmosfere.

Hillel D. (1973) arată că acest indice hidrofizic este influenţat cel mai mult de textură (fig. 1.8), tipul de argilă, conţinutul de materie organică a solului etc. Argilele reţin mai multă apă decât nisipurile (tab. 1.15) şi conţinutul lor în montmorilonit este direct proporţional cu capacitatea de reţinere a apei, iar solurile bogate în substanţă organică acumulează apă mai multă. În general, umiditatea corespunzătoare capacităţii de câmp are valori cuprinse între 6 şi 12 % din greutatea solurilor nisipoase, 20 - 25 la solurile lutoase şi până la 30 - 32 % la solurile argiloase (v. tab. 1.13).

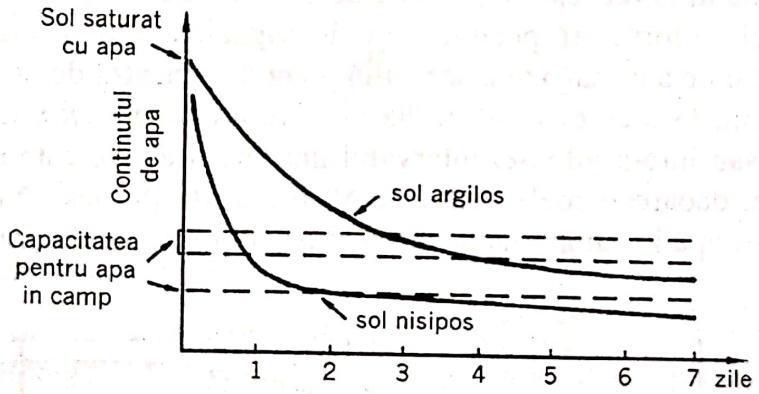


Fig. 1.8 Umiditatea corespunzătoare capacităţii pentru apă în câmp la solurile argiloase şi nisipoase

Tabelul 1.15

Variaţia coeficientului de ofilire şi echivalentul umidităţii în funcţie de conţinutul în argilă a solului (după *Tombesi L.*, 1968)

Conţinutul în argilă (%)	Coeficientul de ofilire (% v/v)	Echivalentul umidităţii (% v/v)
15	11,0	25,9
25	15,8	35,4
32	17,4	39,8
46	21,3	46,6

Scanned with OKEN Scanner

Solurile tasate au capacitatea de câmp mai redusă decât cele afânate, cu 1 - 3 % la cele nisipoase şi cu 4 - 6 % la cele lutoase şi argiloase.

Capacitatea totală pentru apă (*CT*) sau capacitatea de saturaţie, reprezintă cantitatea maximă de apă pe care o poate reţine un sol când toţi porii săi sunt plini cu apă. Dacă se cunoaşte porozitatea totală (*PT*) şi densitatea aparentă a solului (*DA*) se poate calcula capacitatea totală pentru apă (*CT*), folosind relaţia:

$$CT = \frac{PT}{DA} \qquad (1.1)$$

în care:

CT - capacitatea totală pentru apă (% g/g);
PT - porozitatea totală (% v/v);
DA - densitatea aparentă (g/cm^3).

În natură, niciodată nu pot fi umpluţi cu apă toţi porii din sol căci 10 - 15 % din porozitatea totală rămâne blocată cu aer. Valoarea *pF* corespunzătoare capacităţii totale pentru apă este zero. Textura şi, mai ales, structura şi gradul de tasare al solului influenţează acest indice hidrofizic. Diferenţa între umiditatea corespunzătoare capacităţii de saturaţie şi capacitatea de apă în câmp reprezintă apa drenabilă sau capacitatea drenantă numită şi capacitate de cedare maximă a apei.

Intervalul umidităţii solului cuprins între coeficientul de ofilire şi capacitatea de câmp (*CC - CO*) poartă numele de intervalul umidităţii active (*IUA*) sau capacitatea de apă utilă (accesibilă) şi este de dorit să aibă o valoare cât mai mare, pentru că astfel solurile respective pot înmagazina multă apă. În general, capacitatea solului de a înmagazina apa utilă plantelor variază de la 500 m^3/ha până la 2000 m^3/ha sau, în medie, 1340 m^3/ha pe 1 m adâncime (*Răuţă C.*, 1985). La solurile lutoase sau luto-argiloase, intervalul umidităţii active este mai mare decât la cele nisipoase, deoarece coeficientul de ofilire creşte în măsură mai mică decât capacitatea pentru apă în câmp, odată cu sporirea conţinutului de argilă (fig. 1.9).

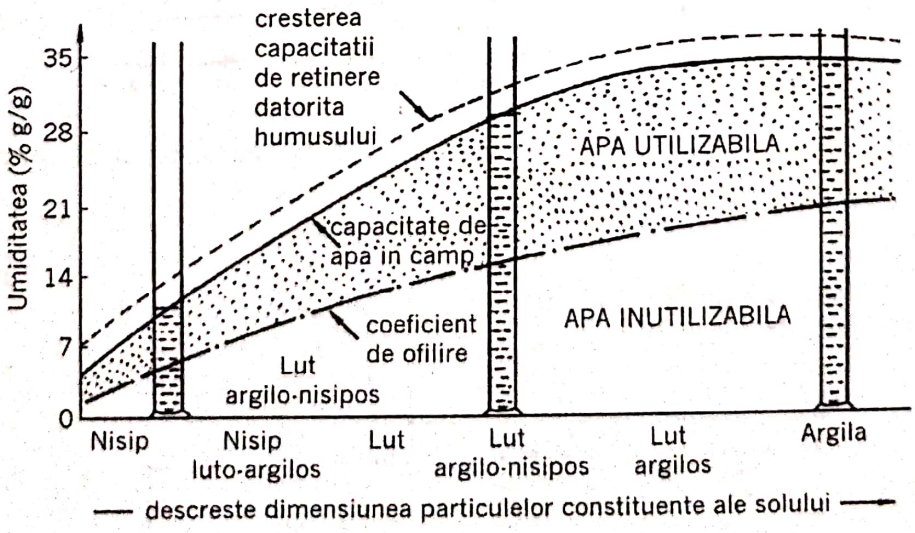


Fig. 1.9 Modificarea capacităţii de reţinere a apei în funcţie de natura solului şi conţinutul de humus (după *Soltner D.*, 1992)

Scanned with OKEN Scanner

Urmărindu-se accesibilitatea apei din sol pentru plante, unii cercetători au considerat că pe întregul interval al umidității active apa este la fel de uşor accesibilă plantelor. S-a constatat însă că pe măsură ce umiditatea solului scade spre coeficientul de ofilire, plantele îşi procură tot mai greu apa. La umiditatea corespunzătoare capacității de câmp apa este reținută de sol cu forțe de 0,1 - 0,4 atm, la jumătatea *IUA* forța de reținere a apei este de 1 atm iar în apropiere de coeficientul de ofilire această forță se majorează la 10 - 25 atm, deşi convențional se consideră 15 atm. *Shimsi D.* (1969) arată că producția agricolă creşte pe măsură ce scade forța de reținere a apei de către sol, ajungându-se la triplarea recoltei când această forță se reduce de la 2 la 0,2 atm. La noi în țară *Botzan M.* şi *Cioică T.* (1963) au stabilit o strânsă corelație între consumul de apă al plantelor şi umiditatea accesibilă din sol.

Pe terenuri irigate, umiditatea solului nu trebuie să coboare până la coeficientul de ofilire, căci plantele îşi procură din ce în ce mai greu apa şi producția scade. Pentru obținerea unor recolte eficiente din punct de vedere economic este necesar să se intervină cu aplicarea irigației când umiditatea ajunge la plafonul minim (*PM*). Acesta variază în funcție de textura solului, gradul de tasare şi diferă de la o cultură la alta. *Plafonul* minim se poate exprima şi în procente din capacitatea pentru apă în câmp (pe sol lutos acesta corespunde aproximativ la 70 % CC) sau în procente din intervalul activ al umidității:

$$PM\ (\%\ IUA) = \frac{PM - CO}{CC - CO}\ 100$$

$$PM\ (\%\ CC) = \frac{PM}{CC}\ 100 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (1.2)$$

în care:

PM - plafonul minim (% g/g);
CO - coeficientul de ofilire (% g/g);
CC - capacitatea pentru apă în câmp (% g/g).

Numeroşi cercetători recomandă să se intervină cu aplicarea udărilor atunci când forța de sucțiune, în zona rădăcinilor, este de 1 - 2 atmosfere, care corespunde aproximativ cu jumătatea intervalului activ al umidității.

Pe solurile salinizate, forța de sucțiune creşte mai repede la scăderea umidității şi de aceea irigarea trebuie aplicată când plafonul minim este cu 5 - 10 % mai mare decât pe alte soluri. Plafonul minim poate fi asemănat foarte bine cu umiditatea de rupere a capilarelor din sol.

1.1.2.3 Mişcarea apei în sol. Mişcarea apei în sol este un fenomen complex, datorat în mare măsură neregularității spațiului lacunar dar şi mărimii diferitelor forțe care acționează asupra ei. După *Vilain M.* (1993) diferențierea modului în care apa se mişcă în sol poate fi făcută ținând cont de următoarele criterii:

- ✓ starea de agregare a apei (gazoasă sau lichidă);
- ✓ direcția de deplasare;
- ✓ conținutul de apă din sol.

Scanned with OKEN Scanner

În stare de vapori, apa se deplasează între două puncte din sol prin difuziune, atunci când între acestea există o diferență de tensiune, evidențiată deseori ca urmare a unei diferențe de temperatură. Din punct de vedere practic, mișcarea apei în sol sub formă de vapori prezintă o importanță redusă.

Apa circulă în sol cu precădere în stare lichidă, mișcarea efectuându-se în toate direcțiile, atât pe verticală, în sens ascendent și descendent, cât și lateral. Principalele forțe care acționează asupra apei din sol sunt: forța de adsorbție a particulelor de sol, forța de ascensiune capilară și forța de gravitație. Apa de higroscopicitate și o parte din apa peliculară nu se poate deplasa deoarece este reținută cu forțe puternice de către particulele solului. Celelalte forme de apă sunt greu până la ușor mobile, deplasându-se cu o viteză variabilă de la un loc la altul, după direcția și valoarea rezultantei forțelor care acționează asupra lor.

Mișcarea apei peliculare are loc de la particulele mai umede către cele mai uscate, până la realizarea unui echilibru, când toate particulele au aceiași grosime a peliculei de apă. În realitate, acest echilibru nu se poate realiza decât în parte, din cauza absorbției apei de către plante și a pierderilor de apă prin evaporare. De aceea, mișcarea apei nu încetează și se continuă în sensul dictat de diferența de sucțiune. Viteza de mișcare a apei peliculare este foarte mică, apreciindu-se că la umiditatea apropiată de coeficientul de ofilire această viteză este de ordinul a 10^{-5} cm/zi, în timp ce rădăcinile plantelor cresc cu câțiva milimetri pe zi. În aceste condiții, la un conținut scăzut al solului în apă, rădăcinile explorează noi straturi de sol în căutarea apei.

Permeabilitatea solului pentru apă, adică însușirea de a permite trecerea apei și redistribuirea acesteia în profilul solului, depinde de caracteristicile părții solide și de însușirile apei. Permeabilitatea fazei solide este influențată de textură și structură, care la rândul lor determină lungimea, continuitatea, forma și sinuozitatea porilor solului sau porozitatea lui. Permeabilitatea mai depinde și de conținutul solului în substanțe organice, oxizi de fier, sodiu schimbabil, compoziția mineralelor argiloase și conținutul total în săruri solubile. Procentul ridicat de particule grosiere sporește porozitatea și deci, permeabilitatea iar unele particule de argilă, cum sunt cele de tip montmorilonit, gonflează puternic când vin în contact cu apa și pot bloca porii solului, reducându-i permeabilitatea. Prezența materiei organice, a calciului și a magneziului ajută la formarea humatului de calciu și respectiv magneziu, care sunt hidrostabile, îmbunătățesc structura și permeabilitatea solului. Oxizii de fier cimentează particulele mai fine sau formează pelicule ce se depun pe suprafața agregatelor îmbunătățindu-le stabilitatea și mărind permeabilitatea solului. Sodiul schimbabil, în cantitate de peste 10 - 15 % din capacitatea totală de schimb catonic contribuie la dispersarea particulelor de sol reducându-i permeabilitatea. Aerul care rămâne blocat în porii solului micșorează, de asemenea, cantitatea de apă ce străbate solul. Microorganismele aerobe își reduc și apoi încetează activitatea datorită submersiei și permeabilitatea solului se modifică după cum se vede din figura 1.10. În prima fază, aceasta se reduce datorită dispersiei particulelor de sol și gonflării lor, în faza a doua permeabilitatea crește puțin datorită solubilizării în apă a aerului și eliminării lui iar în faza următoare,

Scanned with OKEN Scanner

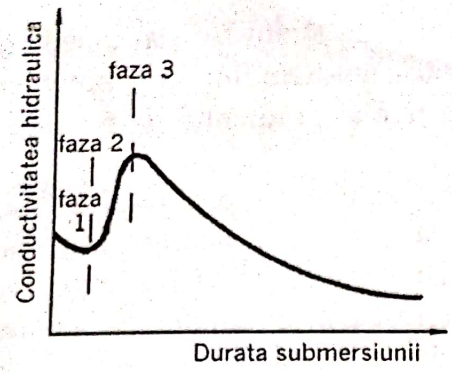


Fig. 1.10 Variația conductivității hidraulice în timpul submersiei prelungite a solului (după *Allison*, 1997)

aceasta scade datorită descompunerii corpului microorganismelor şi blocării porilor solului. Gradul de afânare a solului precum şi crăpăturile, galeriile râmelor, urmele de rădăcini etc influențează, de asemenea, permeabilitatea.

Primăvara când solul este înghețat, permeabilitatea lui este cu atât mai redusă cu cât cantitatea de apă este mai mare, întrucât gheața, având volum mai mare decât apa lichidă, ocupă întreg spațiul lacunar al solului. Permeabilitatea solului este influențată şi de însuşirile apei, vâscozitatea şi greutatea specifică. De fapt, în sol nu întâlnim apă curată ci soluții, mai concentrate sau mai diluate, iar permeabilitatea depinde şi de natura sărurilor dizolvate, concentrația soluției solului etc.

În general, permeabilitatea solului variază foarte mult de la o zonă la alta (soluri anizotrope) şi numai în rare cazuri se înregistrează valori egale ale permeabilității în toate direcțiile (soluri izotrope). Deplasarea apei în sol depinde şi de conținutul lui în aer, căci dacă întreg spațiul lacunar este ocupat de apă, aceasta se mişcă, întrucâtva, aşa cum curge apa prin conducte iar fenomenul se numeşte filtrație. Dacă o parte din spațiul lacunar este ocupat de aer şi solul este aprovizionat continuu cu apă, atunci se produce mai întâi completarea spațiului lacunar cu apă şi apoi aceasta se deplasează în zone învecinate, iar fenomenul se numeşte infiltrație. Dacă spațiul lacunar este parțial ocupat de aer iar aprovizionarea cu apă nu se produce continuu, atunci apa existentă în sol se mişcă de la un punct la altul în funcție de diferența de potențial

Saturarea solului cu apă nu se poate realiza în întregime deoarece o parte din aerul existent în spațiul lacunar nu poate fi îndepărtat la pătrunderea apei; cu toate acestea, după o umezire excesivă solul se consideră saturat cu apă

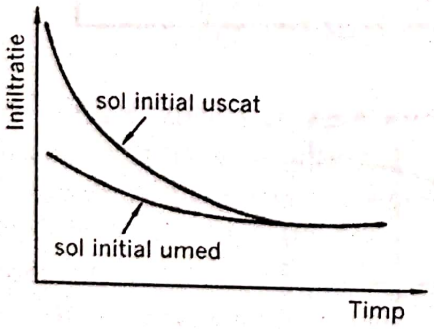


Fig. 1.11 Curba infiltrației în solul umed şi respectiv uscat la începutul procesului de pătrundere a apei (după *Hillel*, 1973)

Infiltrația. Pătrunderea apei în sol - obişnuit de la suprafața acestuia - denumită şi infiltrație, prezintă importanță deosebită pentru agricultură şi lucrările de îmbunătățiri funciare. Interesează cantitatea de apă care pătrunde în sol într-o anumită perioadă de timp numită infiltrație cumulată (sau numai infiltrație) şi viteza cu care pătrunde apa în sol, pe unitatea de suprafață şi în unitatea de timp, sau viteza de infiltrație.

Întrucât viteza de infiltrație se modifică de la un orizont la altul, se urmăreşte, în special, viteza finală sau viteza de infiltrație stabilizată (fig. 1.11). Pătrunderea apei în sol pe verticală se produce sub acțiunea gradientului

Scanned with OKEN Scanner

de potențial matricial, adică a diferenței de umiditate dinte straturile mai umede și cele mai uscate ale solului, precum și datorită gradientului de potențial gravitațional. La infiltrația pe orizontală acționează numai gradientul de potențial matricial.

Infiltrația este influențată de textura și densitatea aparentă a profilului de sol, precum și de porozitatea drenantă și conductivitatea hidraulică saturată. Adesea, profilul de sol este neomogen, cuprinde orizonturi sau straturi diferite ca textură și densitate, fapte care modifică mult infiltrația. Interesează și umiditatea solului înainte de determinarea infiltrației, numită și umiditate antecedentă, căci cu cât aceasta va fi mai mare cu atât infiltrația va decurge mai lent și se va ajunge mai repede la viteza finală. Infiltrația poate fi modificată, în unele cazuri, datorită aerului blocat în unii pori ai solului care împiedică circulația apei sau datorită crăpăturilor care apar în solurile argiloase pe timp de secetă, datorită crustei care se formează la suprafața solului. Infiltrația se modifică de la o perioadă la alta. Astfel, la Fundulea, jud. Ilfov, viteza finală de infiltrație a scăzut aproximativ de 5 ori din primăvară până în toamnă (*Canarache A.*, 1990). Clasele de valori ale vitezei finale de infiltrație sunt notate în tabelul 1.16 și se aseamănă cu conductivitatea hidraulică saturată.

Tabelul 1.16

Interpretarea valorilor permeabilității (mm/h)
(după *Canarache A.*, 1989)

Clase de valori	Conductivitatea hidraulică saturată (metoda de laborator *I.C.P.A.*)	Viteza finală de infiltrație	
		Metoda ramelor	Metoda simulatorului de ploaie
Extrem de mică	≤ 0,2	≤ 2	≤ 12
Foarte mică	0,3 - 0,5	3 - 5	13 - 24
Mică	0,6 - 2,0	6 - 20	25 - 36
Mijlocie	2,1 - 10,0	21 - 35	37 - 48
Mare	10,1 - 35,0	36 - 70	49 - 60
Foarte mare	> 35,0	> 70	> 35,0

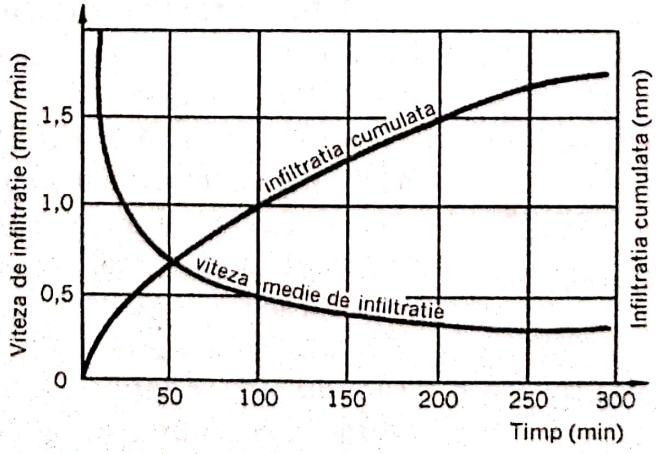


Fig. 1.12 Curba de infiltrație a apei în sol

Scanned with OKEN Scanner

Viteza inițială de infiltrație este mai mare la solul uscat decât la cel umed (fig. 1.12) dar treptat se ajunge la o viteză finală uniformă, care depinde de textura solului. într-un sol cu straturi de diferite texturi infiltrația nu se produce uniform și acolo unde stratul inferior este mai permeabil decât cel superior apar presiuni negative care influențează infiltrația. Astfel, un strat de nisip într-un sol cu textură lutoasă nu intensifică infiltrația ci produce perturbări.

Infiltrația apei este stânjenită mult de crusta care poate apărea, în special, la suprafața solurilor argiloase, ale căror agregate se desfac sub acțiunea picăturilor de ploaie și formează un strat cu densitate mare, pori fini și permeabilitate redusă.

Ascensiunea capilară. La corpurile poroase hidrofile care au diametrul porilor mai mic de 1 mm se observă fenomene de capilaritate, ce se bazează pe deficitul de presiune, care apare sub meniscurile concave, față de presiunea atmosferică.

Când un tub subțire din sticlă este introdus în apă, lichidul se ridică sub influența forțelor de atracție dintre moleculele de apă și peretele tubului (adeziune) și atracției reciproce dintre moleculele (coeziune). Apa se ridică în tub până la înălțimea de la care greutatea coloanei de apă devine egală cu forțele de adeziune și coeziune (fig. 1.13).

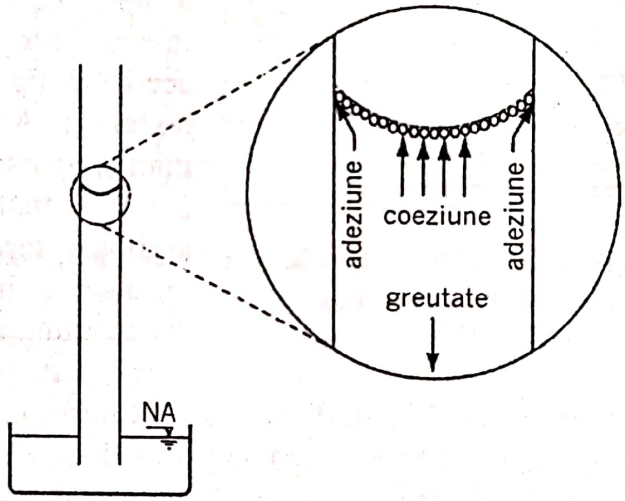


Fig. 1.13 Reprezentarea fenomenului de ascensiune capilară

În sol, mișcarea apei capilare este foarte complexă. Capilarele solului sunt orientate în toate direcțiile, au diferite secțiuni de la un loc la altul, sunt întrerupte de spații lacunare mai largi și conțin bule de aer. În rețeaua de capilare din sol, apa se mișcă în toate direcțiile și tensiunea superficială crește odată cu sporirea concentrației soluției solului și cu scăderea temperaturii.

Ridicarea apei în spațiile capilare din sol se face consumând un anumit lucru mecanic, care este dat de produsul între forță (tensiunea superficială) și distanță (linia de racordare a apei la peretele capilarului). Apa se ridică până când greutatea coloanei respective, (suprafața ei înmulțită cu înălțimea, accelerația gravitației și densitatea) echivalează valoarea lucrului mecanic. Aceasta se poate exprima prin relația:

Scanned with OKEN Scanner

$$\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g \cdot \rho = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma \qquad (1.3)$$

în care:

- $\pi \cdot r^2$ - suprafața coloanei de apă din capilar (cm^2);
- h - înălțimea la care se ridică apa în capilar (cm);
- g - accelerația gravitației (≈ 981 cm/s^2);
- ρ - densitatea apei (= 1 g/cm^3 la 20 °C);
- $2 \cdot \pi \cdot r$ - perimetrul peretelui capilarului (cm);
- σ - tensiunea superficială a apei (≈ 24 dyne/cm).

Înlocuind valorile g, p și σ se obține:

$$h = \frac{0{,}154}{r} \qquad (1.4)$$

în care:

- h - înălțimea de ascensiune capilară (cm);
- r - raza tubului capilar (cm).

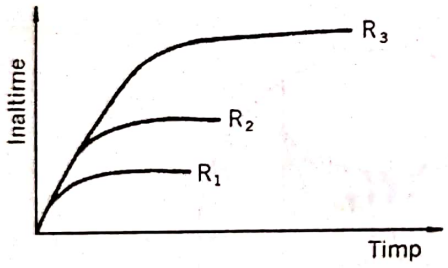


Fig. 1.14 Ascensiunea apei într-un sistem de capilare cu raze diferite ($R_1 > R_2 > R_3$) (după *Henin D.*, 1973)

Așadar, înălțimea de ridicare a apei în spațiile capilare este invers proporțională cu raza acestora (fig. 1.14). În solurile cu textură fină, capilarele sunt mai mici și apa se poate ridica până la 2 - 3 m înălțime însă în solurile argiloase tasate mișcarea apei se produce încet, din cauza diametrului prea mic al spațiului dintre particule, ocupat în parte și de apa peliculară. *Henin D.* (1973) arată că la un sol lutos, ce conține aproximativ 20 % argilă, în decurs de 3 săptămâni, apa se ridică doar la 1 m înălțime iar dacă solul conține și substanță organică procesul de urcare al apei devine și mai lent. În solul puțin umed, ascensiunea capilară se produce mai bine decât în solul uscat. În solurile nisipoase, ascensiunea capilară nu depășește, de obicei, 0,5 - 1,0 m (fig. 1.15). În general, înălțimea de ridicare a apei capilare și viteza de urcare depind de textura solului, care determină mărimea capilarelor, precum și de natura cationilor din soluția solului (tab. 1.17). Astfel, sodiul determină dispersia coloizilor și reducerea înălțimii de ridicare a apei iar calciul contribuie la îmbunătățirea structurii și ascensiunii capilare a apei.

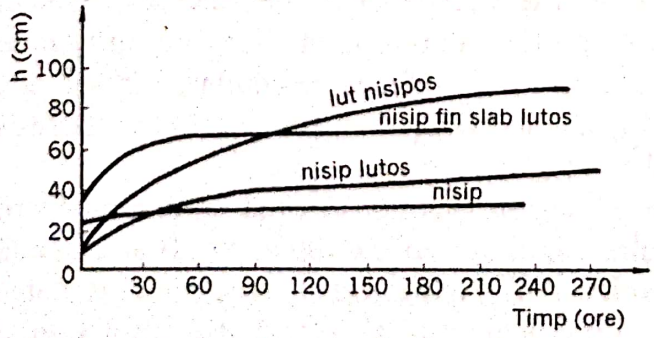


Fig. 1.15 Ridicarea apei prin capilaritate în soluri cu diferite texturi

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.17

Influența cationilor de schimb asupra ascensiunii apei prin spațiile capilare ale solului

Timpul de ascensiune	Înălțimea de ridicare a apei (cm) în solul saturat cu:						
	Na^+	NH_4^+	Mg^{++}	Ca^{++}	Ba^{++}	Al^{+++}	H^+
15 minute	-	-	0,2	0,7	1,1	0,9	2,5
30 minute	-	-	0,4	0,9	2,2	2,0	4,2
45 minute	-	-	0,6	2,7	3,2	2,9	5,7
1 oră	-	-	0,7	3,4	4,0	3,7	6,8
2 ore	-	-	0,9	5,7	6,6	6,4	10,6
3 ore	-	-	1,1	7,5	8,7	8,4	13,0
6 ore	-	0,2	1,4	11,6	13,4	12,8	18,8
12 ore	-	0,4	1,7	17,0	19,5	18,1	26,0
1 zi	-	0,7	2,1	25,0	28,5	25,7	35,8
2 zile	-	1,2	2,6	34,9	39,5	34,0	47,3
3 zile	-	1,7	3,3	42,1	47,6	39,9	55,4
4 zile	-	2,0	3,4	47,5	54,2	44,2	63,0
5 zile	-	2,7	3,9	52,2	59,7	47,9	67,5
6 zile	-	3,2	4,2	56,2	64,3	51,3	72,3
8 zile	-	4,1	4,9	62,7	71,3	57,1	81,3
10 zile	0,1	4,9	5,6	67,8	76,7	62,3	88,3
15 zile	0,2	6,4	7,2	77,1	86,4	74,5	103,5
20 zile	0,4	7,8	8,7	83,4	92,6	84,4	114,5

1.1.2.4 Bilanțul apei în sol. Principala sursă de aprovizionare a solului cu apă o formează precipitațiile, evaluate în grosimea stratului de apă exprimat în mm pe an, lună sau zi (1 mm precipitații = 1 l/m^2 = 10 m^3/ha), iar ca surse secundare irigațiile, scurgerile de suprafață, apa freatică etc (fig. 1.16). Pierderea apei din sol se produce prin infiltrație în profunzime, evaporație, absorbție de către rădăcini și transpirație, scurgeri laterale, etc. Această pătrundere, circulație și ieșire a apei din sol poartă ș numele de *regim de apă* sau *regim hidric al solului* iar suma algebrică a cantităților de apă intrate și ieșite dintr-un anumit volum de sol, într-o perioadă de timp, de obicei un an, constituie bilanțul apei din sol. Acest bilanț poate fi exprimat prin relația:

$$(P + A_f + S_s + I) - (E + T + S_s + S_i + D) = R \qquad (1.5)$$

în care:

- P - cantitatea de apă provenită din precipitații (m^3/ha);
- A_f - aportul provenit din apa freatică (m^3/ha);
- S_s, S_i - scurgeri produse la suprafața și în interiorul solului, prin care se primește sau se pierde apă (m^3/ha);
- I - cantitatea de apă administrată prin irigații (m^3/ha);
- E - pierderi de apă prin evaporație(m^3/ha);
- T - apa consumată prin transpirația plantelor(m^3/ha);
- D - cantitatea de apă infiltrată (drenată) (m^3/ha);
- R - rezerva de apă din sol (m^3/ha).

Scanned with OKEN Scanner

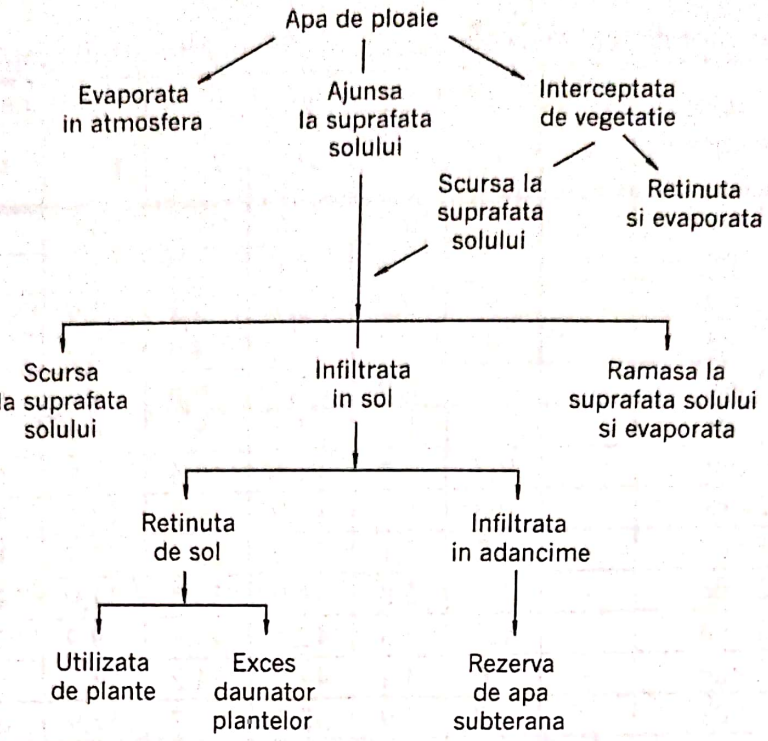


Fig. 1.16 Repartiția apei de ploaie

Pe teren plan sau cu pantă mică, scurgerile de suprafață şi din interiorul solului nu se produc, în soluri lutoase sau argiloase infiltrația este redusă iar în zonele cu apă freatică la mare adâncime nu se înregistrează aport freatic şi în acest caz relația de mai sus se simplifică, având pentru terenurile irigate următoarea formă:

$$(P + I) - (E + T) = R \qquad (1.6)$$

în care, semnificația simbolurilor este cea precizată anterior.

Rezerva de apă din sol se poate determina primăvara, la începutul perioadei de vegetație (1 aprilie) şi poartă numele de rezervă inițială (R_i) sau toamna la sfârşitul vegetației (1 octombrie) şi se numeşte rezervă finală (R_f). Precipitațiile căzute de primăvara până toamna, de la 1.IV până la 30.IX, sunt considerate precipitații de vară iar cele căzute de toamna până în primăvara anului următor, de la 1.X până la 31.III sunt considerate precipitații de iarnă. Precipitațiile de vară mai mici de 5 mm nu se iau în calcul căci se consideră că se pierd prin evaporare şi nu alimentează practic solul. Coeficientul de înmagazinare a precipitațiilor de iarnă variază în funcție de zona climatică, între 0,2 şi 0,9, mai frecvent 0,4 - 0,7. În mod obişnuit, primăvara la 1.IV, umiditatea solului este apropiată de capacitatea de câmp iar toamna, la 30.IX, conținutul de apă este aproape de cel corespunzător coeficientului de ofilire.

Regimul hidrologic al solului. Se referă la sursa de aprovizionare a solului cu apă, sensul predominant al circulației apei, adâncimea de pătrundere a apei de infiltrație, gradul de umiditate a solului pe întregul profil etc. Interesează, în special, apa din sol care este accesibilă plantelor, corespunzătoare umidității active, spre deosebire de apa care nu poate fi folosită de plante şi formează rezerva

Scanned with OKEN Scanner

moartă. Primăvara şi toamna, la însămânţarea culturilor, interesează umiditatea din straturile superficiale ale solului, care permite buna pregătire a terenului, germinarea seminţelor şi pornirea în vegetaţie a plantelor.

În general, regimul hidric al solului depinde de factorii climatici, relief, proprietăţile solului, vegetaţie, lucrările hidrotehnice şi cele agricole aplicate. Dintre factorii climatici prezintă importanţă, în special, precipitaţiile şi temperatura. Pe terenurile în pantă, precipitaţiile sunt slab valorificate căci o parte se scurg pe versante. Dintre însuşirile solului prezintă importanţă, îndeosebi, textura şi permeabilitatea. Vegetaţia influenţează regimul hidric prin cantitatea de apă pe care o consumă iar lucrările de irigaţii, drenaj etc, modifică şi ele conţinutul în apă al solului.

Calculând coeficientul de umectare a solului, ca raport între precipitaţii şi evapotranspiraţie, *Rode A.* (1956) stabileşte următoarele cinci tipuri principale de regim hidric:

- ✓ de îngheţ continuu;
- ✓ percolativ şi periodic percolativ;
- ✓ nepercolativ;
- ✓ exudativ;
- ✓ de irigaţii.

Regimul hidric de îngheţ continuu nu se evidenţiază în condiţiile climatice din ţara noastră iar cel percolativ se întâlneşte în zona forestieră, unde precipitaţiile depăşesc evapotranspiraţia şi se stabileşte un curent descendent al apei, care ajunge până la pânza freatică. Subtipul de regim hidric periodic percolativ este caracteristic zonei de silvostepă, unde precipitaţiile depăşesc evapotranspiraţia numai în anumiţi ani, în unele perioade ale anului, când apa de precipitaţii se infiltrează până la pânza freatică.

Regimul hidric nepercolativ este caracteristic zonei de stepă şi celei de tranziţie între stepă şi silvostepă, unde precipitaţiile umezesc doar profilul solului. În zonele cu apa freatică la adâncime mare, apare aşa-numitul orizont mort al secetei (v. fig. 1.7), unde nu ajunge nici apa care se infiltrează de la suprafaţă nici cea care se ridică prin capilare din pânza freatică, umiditatea solului menţinându-se la nivelul coeficientului de ofilire.

Regimul hidric exudativ este caracteristic zonei de stepă secetoasă, în care evapotranspiraţia depăşeşte cantitativ precipitaţiile şi acolo unde apa freatică este la mică adâncime (2 - 4 m), plantele folosind, în parte, această sursă de aprovizionare cu apă. Când apa din pânza freatică încărcată cu săruri ajunge prin capilare până la suprafaţa solului apare pericolul salinizării secundare.

Pentru terenurile irigate din ţara noastră *Botzan M.* (1972) distinge trei tipuri de regim hidrologic.

Regimul hidrologic de irigaţii fără aport freatic sau *nepercolativ*, corespunzător situaţiei în care solul este alimentat cu apă numai din precipitaţii şi din irigaţii, aşa cum se întâmplă pe cea mai mare parte a terenurilor amenajate pentru irigaţie. Ecuaţia bilanţului acestui tip de regim hidric are pentru perioada caldă a anului (stabilită convenţional între 1.IV şi 30.IX) expresia:

Scanned with OKEN Scanner

$$R_i + P_v + \Sigma m = \Sigma (e+t) + R_f \quad (1.7)$$

iar pentru sezonul rece (1.X - 31.III):

$$R_f + c \cdot P_i + a = R_i \quad (1.8)$$

în care:

- R_i - rezerva de apă în sol la 1.IV (m^3/ha);
- P_v - precipitațiile de vară (1.IV - 30.IX), mai mari de 5 mm (m^3/ha);
- Σm - norma de irigație (m^3/ha);
- $\Sigma(e+t)$ - consumul de apă în perioada de vegetație (m^3/ha);
- R_f - rezerva de apă din sol la 1.X (m^3/ha);
- c - coeficientul de înmagazinare a precipitațiilor de iarnă (m^3/ha);
- P_i - precipitațiile de iarnă (1.X - 31.III) (m^3/ha);
- a - norma udării de aprovizionare (m^3/ha).

Regimul hidrologic de irigații cu aport freatic se evidențiază atunci când solul primește apă din precipitații, irigații și din pânza freatică. Acest regim hidrologic se întâlnește, în special, pe terenurile din luncile râurilor. Ecuația bilanțului pentru perioada caldă a anului are forma:

$$R_i + P_v + \Sigma m + A_f = \Sigma (e+t) + R_f \quad (1.9)$$

în care:

- A_f - aportul freatic (m^3/ha), celelalte elemente având semnificațiile precizate la relația 1.7.

Regimul hidrologic de irigație combinată cu drenajul (în circuit deschis de spălare) este caracteristic terenurilor sărăturate, când norma de spălare distribuită depășește norma de irigare, pentru a îndepărta excesul de săruri din sol. Ecuația de bilanț corespunzătoare acestui tip de regim hidrologic pentru perioada rece a anului are expresia:

$$R_f + c \cdot P_i + S = R_i + D \quad (1.10)$$

în care:

- S - norma udării de spălare (m^3/ha);
- D - cantitatea de apă drenată (m^3/ha), restul simbolurilor având semnificațiile din relația 1.8;

1.1.2.5 Soluția solului este formată din apa existentă în porii capilari și necapilari ai solului, împreună cu substanțele minerale, organice și organo-minerale dizolvate sau în stare de dispersie coloidală, moleculară și ionică. Apa provine, în special, din precipitații, care la trecerea prin atmosferă dizolvă unele gaze antrenând și diferite particule întâlnite în cale. Cantitatea de substanțe dizolvate în apă variază după natura lor chimică, temperatură, concentrația soluției etc. Spre exemplu, la temperatura de 20 °C, în 100 ml apă se dizolvă 88 ml CO_2, 3,1 ml O_2 și 1,5 ml N_2 (*Lupașcu Gh.*, 1998). Concentrația soluției solului variază de cele mai multe ori între 0,05 și 0,2 %. Ea cuprinde nitrați ai metalelor existente în solul respectiv, carbonați acizi ai metalelor alcalino-pământoase și ai unor metale grele, săruri de amoniu etc. Dintre substanțele organice sunt prezente glucide,

Scanned with OKEN Scanner

aminoacizi, amide, albumine, diferite enzime, vitamine, auxine, alţi compuşi intermediari ai descompunerii resturilor organice, precum şi acizi humici ş. a. Unele dintre aceste componente intră în complexul adsorbtiv al solului, altele formează precipitate sau pătrund în adâncime, prin levigare etc. În sol se petrec procese fizice şi chimice complexe între aceste soluţii şi partea solidă a solului, îngrăşămintele care se aplică, factorii poluaţi etc. Apa de ploaie poate conţine şi urme de amoniac, oxizi de azot şi sulf etc. Compoziţia soluţiei solului este într-o permanentă schimbare, întrucât rădăcinile plantelor absorb anumite elemente nutritive, apa dizolvă unele componente ale fazei solide şi gazoase a solului precum şi unele substanţe poluante iar concentraţia soluţiei se modifică datorită precipitaţiilor, apei de irigaţie şi evpotranspiraţiei. În general, în soluţia solului se găsesc toate elementele care se acumulează în ţesuturile plantelor şi se petrec numeroase şi complexe procese fizice, chimice şi biochimice.

O parte dintre substanţele dizolvate în soluţia solului sunt disociate electrolitic. Apa este foarte puţin disociată în ioni de H^+ şi OH^- dar din disocierea altor componente se acumulează în soluţia solului cantităţi diferite de ioni. Când concentraţia ionilor de H^+ şi a celor de OH^- este egală, reacţia soluţiei este neutră, când predomină ionii de H^+ reacţia este acidă iar ionii de OH^- în cantitate mai mare determină reacţia alcalină. Întrucât la temperatura de 23 °C un litru de apă distilată conţine 10^{-7} ioni gram de H^+ şi tot atâţia de OH^-, logaritmul zecimal cu semn schimbat al concentraţiei ionilor de hidrogen se notează cu $pH = 7$ pentru soluţii neutre, cu valori sub 7 pentru soluţii acide şi peste 7 în cazul soluţiilor alcaline (fig. 1.17). După valoarea pH se pot distinge diferite soluri (tab. 1.18).

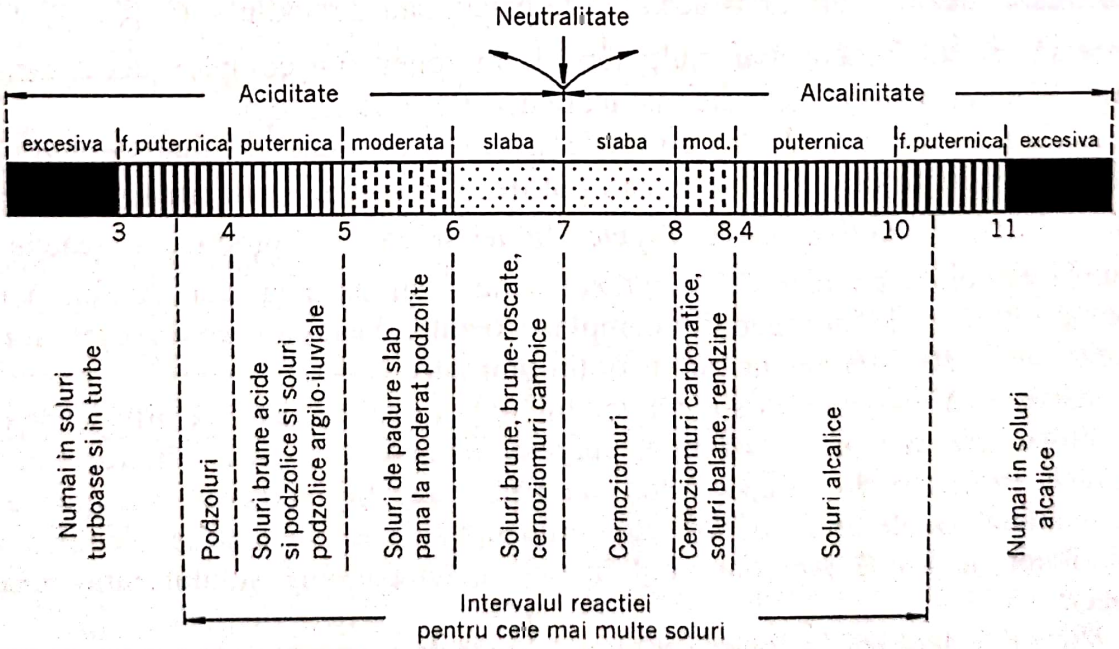


Fig. 1.17 Scara reacţiei solurilor

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.18

Caracterizarea solurilor după valoarea *pH*
(după *Davidescu Velicica* şi *Davidescu D.*, 1999)

Caracterizarea	Extract în suspensie:		Caracterizarea	Extract în suspensie apoasă (1:1,25)
	salină *KCl* 0,1 N (1:1,25)	apoasă (1:1,25)		
	Domeniul *pH*			Domeniul *pH*
Practic neutru	6,01 - 6,50	6,81 - 7,20	Foarte slab alcalin	7,21 - 7,50
Foarte slab acid	5,01 - 6,00	6,51 - 6,80	Slab alcalin	7,51 - 8,00
Slab acid	4,21 - 5,00	6,01 - 6,50	Moderat alcalin	8,01 - 8,30
Moderat acid	4,20 - 3,51	5,01 - 6,00	Puternic alcalin	8,31 - 9,00
Puternic acid	< 3,50	4,51 - 5,00	Foarte puternic alcalin	9,01 - 10,0
Foarte puternic acid	4,01 - 4,50		Excesiv de alcalin	> 10,1
Excesiv acid	3,51 - 4,00			
Extrem de acid	< 3,50			

Aciditatea determinată de ionii H^+ disociaţi în soluţie formează *aciditatea actuală* sau activă iar hidrogenul reţinut momentan în complex şi în grupările funcţionale poate trece, în anumite condiţii, în soluţie şi constituie *aciditatea potenţială* a solului. Aciditatea potenţială se exprimă în me/100 g sol şi cuprinde aciditatea de schimb, hidrolitică şi de neutralizare.

Aciditatea de schimb este determinată de ionii de hidrogen şi cei de aluminiu schimbabil din nucleul aluminosilicic al silicaţilor.

Aciditatea hidrolitică apare la tratarea solului cu soluţia unor săruri care hidrolizează alcalin, cum ar fi acetatul de calciu sau de sodiu - $Ca(CH_3COO)_2$. Aceste săruri pot înlocui mai mulţi ioni de hidrogen din complex decât sărurile neutre. Aciditatea hidrolitică este mai mare decât cea de schimb.

Aciditatea de neutralizare cuprinde întreaga cantitate de ioni de hidrogen adsorbiţi în complexul coloidal şi care pot trece în soluţie la tratarea solului cu o bază, cum ar fi KOH, $Ca(OH)_2$ etc. În acest caz, se produce o reacţie de neutralizare, din care rezultă complexul saturat cu baze şi apa. Astfel, pot fi înlocuiţi toţi ionii de hidrogen din complex. Rezultă deci, că între diferitele forme de aciditate există diferenţe numai de ordin cantitativ.

Substanţele dizolvate în soluţia solului se pot deplasa datorită difuziei ionice sau moleculare sau prin convecţie, curgere, datorită îndeosebi, diferenţelor de densitate. Procesele de difuzie şi convecţie se petrec fie în aceeaşi direcţie fie în sens contrar. Deplasarea ionilor este influenţată şi de câmpurile electrice ale particulelor de argilă iar conţinutul în apă şi temperatura solului influenţează difuzia.

Viteza de deplasare a soluţiei solului depinde de concentraţia acesteia şi natura sărurilor, coeficientul de difuzie moleculară în apa din sol, configuraţia porilor solului etc. În general, soluţia se deplasează în sol mai încet decât apa fără săruri şi

Scanned with OKEN Scanner

în solurile argiloase mai încet decât în cele nisipoase. Unele săruri, cum ar fi sulfaţii, sunt mai greu solubile în apă iar altele mai uşor solubile (clorurile). Cu substanţele coloidale, apa liberă din sol formează suspensii şi geluri.

Mişcarea substanţelor dizolvate în apa din sol a suspensiilor şi a gelurilor prezintă importanţă, în special, pe terenurile irigate, căci dacă apa de irigaţie are conţinut ridicat în săruri poate provoca salinizarea solului. Pentru a evita aceasta se urmăreşte realizarea unui drenaj bun şi spălarea sărurilor din straturile superficiale.

Apa infiltrată într-un sol bogat în săruri dizolvă o parte dintre acestea, transformându-se în soluţii din ce în ce mai concentrate. La aplicarea udărilor de spălare pe soluri salinizate trebuie folosite norme mari, pentru a se produce saturarea solului cu apă şi levigarea sărurilor.

1.1.3 Aerul din sol

Aerul din sol, ca şi apa, prezintă importanţă deosebită pentru plante şi alte vieţuitoare. El este format din 78 - 80 % azot, 10 - 20 % oxigen, 0,2 - 3,5 % bioxid de carbon, vapori de apă, compuşi organici volatili etc. Compoziţia aerului din sol se modifică în permanenţă şi se deosebeşte de aerul atmosferic care este, în general, mai bogat în oxigen. Pe profilul solului, conţinutul de oxigen al aerului scade în adâncime iar conţinutul în bioxid de carbon creşte. Aerul din sol poate fi liber, captiv, adsorbit sau dizolvat. Aerul liber circulă în porii capilari şi necapilari ai solului producându-se frecvente schimbări cu aerul din atmosferă. El are rol principal în aerisirea solului şi conţinutul lui în apă. Aerul capilar rămâne blocat de apă în porii capilari şi necapilari din unele zone ale solului. El mai circulă prin spaţiu lacunar al solului şi nu vine în contact cu aerul atmosferic. Aerul adsorbit pe suprafaţa fazei solide a solului depinde de componenţa granulometrică şi mineralogică a solului, conţinutul de humus al acestuia etc. Adsorbţia este mai puternică în solurile argiloase bogate în humus. Gazele din aer sunt adsorbite în ordinea $N_2 < O_2 < CO_2 < NH_3$. Vaporii de apă sunt adsorbiţi cu prioritate.

Tabelul 1.19

Coeficienţii de solubilitate a unor gaze în apă, la presiunea de 1 atm (litri gaz/1 litru apă)

Temperatura (° C)	N_2	O_2	CO_2
0	0,0235	0,0498	1,710
10	0,0186	0,0380	1,194
20	0,0154	0,0310	0,878
30	0,0134	0,0261	0,665
40	0,0118	0,0231	0,530

Aerul dizolvat în apa din sol influenţează procesele biogeochimice şi pedogenetice. Aşa de exemplu, bioxidul de carbon din soluţia solului măreşte solubilitatea carbonaţilor iar oxigenul dizolvat menţine capacitatea de oxidare. Solubilitatea diferitelor gaze în soluţia solului scade odată cu creşterea temperaturii şi variază după natura lor. Astfel, se dizolvă bine bioxidul de carbon, amoniacul, hidrogenul sulfurat şi mai puţin oxigenul ş. a. (tab. 1.19).

Umiditatea solului influenţează compoziţia aerului din el. Astfel într-un sol cu umiditatea la nivelul capacităţii de câmp, aerul conţine 1 - 2 % bioxid de carbon şi circa 18 % oxigen iar la umiditate

Scanned with OKEN Scanner

mai ridicată conținutul în CO_2 sporește la 4 - 6 % iar oxigenul scade la 15 - 17 % (*Lupaşcu Gh.*, 1998). De aceea, în solurile înmlăştinite se resimte insuficiența oxigenului. Compoziția aerului din sol este influențată şi de sistemul radicular al plantelor căci în procesul de respirație acestea consumă oxigen şi elimină bioxid de carbon. Procesele de mineralizare şi humificare care se petrec în sol consumă, de asemenea, oxigen şi de aceea, solurile bogate în substanță organică, cu activitate intensă a microorganismelor, sunt mai sărace în oxigen. În solurile turboase, mlăştinoase, aerul poate conține hidrogen sulfurat, metan şi alte gaze toxice pentru plante. În general, compoziția aerului din sol influențează diferitele şi complexele procese biochimice, activitatea microorganismelor şi creşterea plantelor. Aşa de exemplu, în condiții anaerobe se produce reducerea nitraților în nitriți şi apoi în azot elementar. La scăderea conținutului în oxigen al aerului la 8 - 9 %, germinarea semințelor încetează.

Prezintă importanță permeabilitatea şi capacitatea solului pentru aer. Permeabilitatea, se referă la cantitatea de aer (ml) care se transmite într-o unitate de timp (sec) prin suprafața de 1 cm^2 şi aceasta se realizează prin procesele de difuziune a gazelor şi mişcarea în masă a aerului. Difuziunea gazelor se produce de la presiunea mai mare spre cea mai mică şi, cum presiunea bioxidului de carbon este mai mare în sol iar a oxigenului în atmosferă, sporeşte conținutul în oxigen al aerului din sol şi scade procentul de bioxid de carbon. Difuziunea gazelor reprezintă principalului proces de primenire a aerului din sol şi se produce, în special, prin spațiile necapilare din sol - neocupate de apă - şi creşte odată cu temperatura. Astfel, la încălzirea solului, aerul din el se dilată şi trece parțial în atmosferă iar la răcire pătrunde în sol aerul din atmosferă, mai bogat în oxigen şi mai sărac în bioxid de carbon. Asemenea schimbărilor de gaze între aerul din sol şi atmosferă se produc şi la variația umidității solului sau a presiunii atmosferice precum şi datorită vântului. Conținutul de aer al solului se poate calcula în funcție de porozitatea totală şi umiditatea acestuia:

$$a = PT - W_v \qquad (1.11)$$

în care:

- a - conținutul de aer (% v/v);
- PT - porozitatea totală (% v/v);
- W_v - umiditatea (% v/v).

Limita minimă pentru dezvoltarea normală a diferitelor culturi agricole se consideră 20 % din porozitatea totală şi această limită este atinsă pe solurile tasate şi cu un conținut ridicat în argilă (fig. 1.18). Indicele de deficit de aerație (I_{da}) se poate calcula cu relația:

$$I_{da} = 10\,[W \cdot DA - (PT - 10)] \qquad (1.12)$$

în care:

- I_{da} - indicele de deficit de aerație;
- W - umiditatea (% g/g);
- DA - densitatea aparentă (g/cm^3).

Scanned with OKEN Scanner

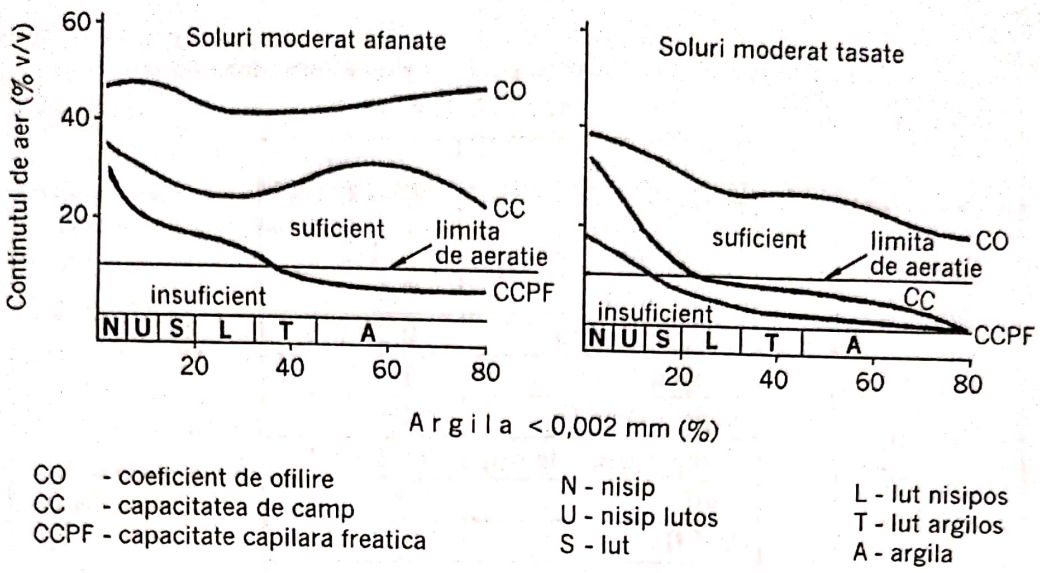


Fig. 1.18 Conținuturi orientative de aer în solurile minerale, la umidități egale cu coeficientul de ofilire (*CO*), capacitatea de câmp (*CC*) și capacitatea capilară freatică corespunzătoare unei adâncimi de 1 m a apei freatice (*CCPF*) (după *Canarache A.*, 1990)

Tabelul 1.20

Volumul minim de aer necesar în solul arabil (după *Chiriță C. D.*, 1955)

Cultura	% din volumul aparent al solului	cm^3/100 g sol uscat
Ierburi de mlaștină	5 - 10	4,5 - 5,7
Grâu	10 - 15	6,5 - 10
Ovăz	10 - 15	-
Orz	15 - 20	10 - 13,3
Sfeclă pentru zahăr	15 - 20	10 - 13,3

Pentru dezvoltarea normală a plantelor cultivate este necesar ca volumul minim de aer al solului să fie de 10 - 20 % din volumul aparent al solului (tab. 1.20).

1.2 Principalele proprietăți ale solului

1.2.1 Unele proprietăți fizice

1.2.1.1 Textura se referă la partea minerală a solului, care este alcătuită din particule elementare cu diametrul menționat în tabelul 1.21. Se mai găsesc oxizi și hidroxizi de fier și aluminiu, cuarț, feldspat, mică, calcită etc, după natura rocilor și mineralelor din care s-a format solul. Dintre mineralele argiloase se întâlnesc frecvent caolinitul, ilitul, vermiculitul etc. Acestea se caracterizează printr-o suprafață specifică foarte mare (până la 800 m^2/g) și capacitate mare de adsorbție și de hidratare.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.21

Clasificarea după mărimea particulelor elementare de sol
(după *ICPA*, 1987)

Particule de sol	Ø (mm)
Schelet	> 2
Nisip foarte mare	1-2
Nisip mare	0,5 - 1,0
Nisip mijlociu	0,2 - 0,5
Nisip mic	0,1-0,2
Nisip foarte fin	0,05 - 0,10
Nisip extrem de mic	0,02 - 0,05
Prafl	0,01 - 0,02
Praf II	0,002 - 0,01
Argilă	0,001 - 0,002
Argilă fină	< 0,001

Unele soluri, numite *scheletice*, conţin şi particule mai mari, de dimensiunea pietrişului, pietrelor şi bolovanilor. Clasificarea solurilor după conţinutul procentual în particule elementare poartă şi numele de clasificare *granulometrică* sau *texturală* (tab. 1.22). În mod practic, textura nu se modifică şi de aceea, agrotehnica aplicată, lucrările hidroameliorative etc trebuie puse de acord cu textura. Solurile cu textură grosieră (nisipoase) au capacitate redusă de reţinere a apei, conţinut ridicat de aer, permeabilitate mare şi în timpul ploilor apa se infiltrează cu uşurinţă. Conţinutul în humus este redus, rezerva de elemente nutritive se modifică rapid iar mineralizarea substanţei organice este accentuată. În zonele secetoase, aceste soluri trebuie irigate des şi cu norme mici. Apa trebuie adusă prin conducte şi distribuită prin aspersiune sau picurare. Aceste soluri se încălzesc timpuriu primăvara şi pot fi cultivate cu legume, viţă de vie, pomi fructiferi etc. Solurile nisipoase sunt afectate de eroziunea eoliană şi pentru stăvilirea ei se aplică măsuri ameliorative şi o agrotehnică specifică.

Solurile cu textură mijlocie (lutoase) sunt cele mai potrivite pentru cultura plantelor. Ele conţin cantităţi moderate de apă, au aeraţie bună, conţinut potrivit în humus, rezerva de elemente nutritive se modifică lent iar procesele microbiologice se desfăşoară în bune condiţii. Dacă este necesară irigarea, aceasta se poate aplica utilizând diferite metode de udare, distribuindu-se norme de udare potrivite, la intervale mai mari de timp. Excesul de umiditate poate fi îndepărtat fără dificultăţi majore.

Solurile cu textură fină (argiloase) au, în general, umiditate ridicată şi puţin aer, se lucrează greu, conţin destul de mult humus. Pe aceste soluri poate apare excesul de umiditate iar capacitatea de producţie este mijlocie. Ploile în cantităţi reduse nu pot fi valorificate de plante iar irigarea trebuie aplicată cu norme mici, pentru a evita băltirea şi salinizarea secundară a solului. Pe terenurile agricole din România predomină solurile lutoase, luto-argiloase şi argiloase (tab. 1.23 şi fig. 1.19).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.22

Clasificarea texturală a pământului fin al solurilor (după *Canarache A.*, 1990)

Grupe de clase şi subclase texturale ale pământului fin	Conţinutul (% din material silicatic) de:		
	argilă < 0,002 mm	praf 0,02 - 0,002 mm	nisip 2,0 - 0,2 mm
Granulometrie grosieră			
Nisip	sub 6	sub 33	peste 62
Nisip lutos	6 - 12	sub 33	56 - 94
Granulometrie mijlocie			
Lut nisipos:			
- lut nisipos mediu	13 - 20	sub 33	48 - 87
- lut nisipos prăfos	sub 20	33 - 50	30 - 67
- praf	sub 20	peste 50	sub 50
Lut:			
- lut nisipo-argilos	21 - 32	sub 15	54 - 70
- lut mediu	21 - 32	15 - 32	23 - 52
- lut prăfos	21 - 32	33 - 70	sub 47
Granulometrie fină			
Lut argilos:			
- argilă nisipoasă	33 - 45	sub 15	41 - 67
- lut argilos mediu	33 - 45	15 - 32	23 - 52
- lut argilo-prăfos	33 - 45	33 - 67	sub 47
Argilă:			
- argilă lutoasă	46 - 60	sub 33	8 - 32
- argilă prăfoasă	46 - 60	33 - 54	sub 22
- argilă medie	61 - 70	sub 40	sub 40
- argilă fină	peste 70	sub 30	sub 30

Tabelul 1.23

Repartiţia solurilor din România (%) după textura în stratul arat sau superior (după *Canarache A.*, 1990)

Textura solului	Agricol	Arabil
Nisip şi nisip lutos	4	4
Lut nisipos	18	5
Lut	45	60
Lut argilos	15	18
Argilă	15	13
Schelet	1	sub 1
Organic şi organo-minerale	2	sub 1

1.2.1.2 Structura. Particulele primare de sol sunt unite cu ajutorul unor coloizi minerali şi organici, săruri, etc într-un sistem complex de micro şi macroagregate ce formează structura solului (fig. 1.20). Agregatele cu diametrul mai mic de 0,25 mm se consideră microagregate iar cele cu diametrul mai mare macroagregate. Solurile cu însuşiri favorabile pentru circulaţia apei şi a aerului, conţin 40 - 70 % microagregate şi 30 - 40% macroagregate cu diametrul cuprins între 0,2 - 10 mm (*A. Dorneanu,* 1976). Unele proprietăţi ale solului cum ar fi: permeabilitatea pentru apă, capilaritatea, porozitatea etc. depind atât de textura solului cât şi de structura lui. Pierderea apei din sol prin evaporare este influenţată de mărimea agregatelor şi porozitatea solului (tab. 1.24).

Scanned with OKEN Scanner

Starea de agregare a solului variază foarte mult, fiind influențată de numeroşi factori, cum ar fi: umiditatea, presiunea mecanică, activitatea microbiologică, compoziția cationilor adsorbiți, conținutul în substanță organică. Starea de structurare a solului în stratul superficial se poate aprecia conform datelor din tabelul 1.25. Apa are un rol foarte important asupra structurii şi pe teren neacoperit cu vegetație picăturile de ploaie sau cele produse la udarea prin aspersiune pot determina destrămarea agregatelor. Picăturile mari de ploaie lovesc puternic agregatele şi le destramă (tab. 1.26). Când debitul aspersorului este mare, umectarea rapidă a solului poate determina ridicarea presiunii şi explozia agregatelor.

Fig. 1.19 Cartograma claselor texturale ale solurilor agricole (după *BotzanM.*, 1972)

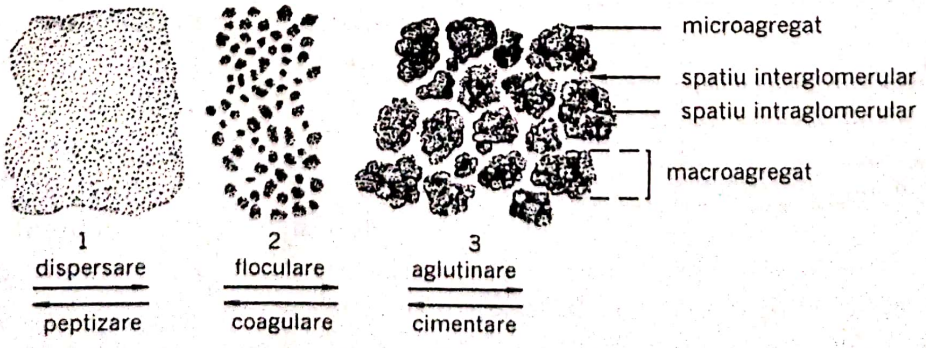


Fig. 1.20 Prezentarea schematică a masei solului în funcție de gradul de agregarea solului 1 - particule elementare; 2 - microagregate; 3 - macroagregate (după *Dorneanu A.*, 1976)

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.24

Pierderea apei din sol cu agregate de diferite mărimi sau pulbere (după *Dorneanu A.*, 1976)

Diametrul agregatelor	Apa pierdută (g/cm^3)	
	În etuvă (105 °C) 32 ore	La aer 36 zile
> 6 mm	3,285	0,075
2 - 5 mm	3,659	0,083
0,5 - 1 mm	4,386	0,095
sol pulbere	4,450	0,104

Tabelul 1.25

Interpretarea calității alcătuirii structurale a solului în stratul superficial (după *Canarache A.*, 1990)

Denumirea	Conținutul (% g/g) de elemente structurale cu Ø:		
	< 1 mm	15 - 40 mm	> 80 mm
Foarte slabă	< 20	> 30	> 5
Slabă	21 - 25	26 - 30	1 - 5
Nesatisfăcătoare	26 - 30	21 - 25	-
Satisfăcătoare	31 - 40	16 - 20	-
Bună	41 - 50	11 - 15	-
Foarte bună	> 50	≤ 10	-

Tabelul 1.26

Relația între mărimea, greutatea, viteza de cădere a picăturilor și energia lor cinetică (după *Staicu I*, 1969)

Diametrul (mm)	Greutatea (g)	Viteza de cădere (m/s)	Energia cinetică ($g/cm^2 \cdot s$)
0,5	0,0000654	200	0,0013
1,5	0,001768	500	0,225
3,0	0,01413	700	3,53
5,0	0,6542	700	16,34

Pe solurile cu textura lutoasă, cu conținut ridicat de praf și sărace în humus se formează, adesea, o crustă la suprafață, care favorizează evaporarea apei, împiedică răsărirea plantelor și primenirea aerului din sol.

Indicele de formare a crustei se poate calcula cu relația:

$$I_{fc} = \frac{1,5 \cdot P_{fm} + 0,95 \cdot P_g}{A + 10 \cdot M_o} \qquad (1.13)$$

în care:

- I_{fc} - indicele de formare a crustei;
- P_{fm} - conținutul de praf fin și mijlociu, cu Ø = 0,002 - 0,02 mm (%);
- P_g - conținutul de praf grosier, cu Ø = 0,02 - 0,5 mm (%);
- A - conținutul de argilă, cu Ø < 0,002 - 0,02 mm (%);
- M_o - conținutul de humus (%).

Valori mai mari de 2 ale acestui indice caracterizează soluri susceptibile a forma crustă, aproximativ 45 % din suprafața de teren arabil din România încadrându-se în această categorie (tab. 1.27).

Ionii de sodiu din apa de irigație produc dispersia coloizilor și înrăutățesc structura iar conținutul ridicat al solului în substanță organică, argilă și fier mărește stabilitatea hidrică a agregatelor (fig. 1.21).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.27

Suprafețe de teren din România susceptibile la formarea crustei (după *Canarache A.*, 1990)

Susceptibilitate la formarea crustei	% din arabil
Nesusceptibile	55
Susceptibile (total)	45
Foarte slab susceptibile	22
Slab susceptibile	15
Moderat şi puternic susceptibile	8

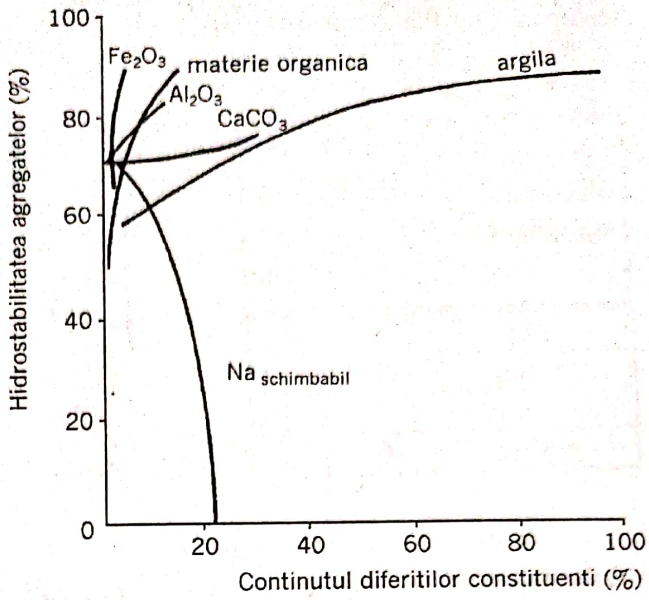


Fig. 1.21 Relații între diferiți constituenți ai solului şi stabilitatea hidrică a structurii (după *Kemper* şi *Koch*, citați de *Canarache A.*, 1990)

Pe măsură ce scad dimensiunile elementelor structurale scade şi porozitatea, se reduce conținutul în aer şi sporeşte capacitatea solului de a reține apa. Solurile cu o structură bună au o distribuție favorabilă a porilor de diferite dimensiuni în interiorul agregatelor şi în spațiile dintre acestea. Gramineele şi leguminoasele perene, cu masa lor bogată de rădăcini, populațiile de râme, precum şi alternanța înghețului şi a dezghețului au efect ameliorativ asupra structurii. Reducerea conținutului în humus, prăfuirea solului prin lucrări excesive aplicate la umiditate nepotrivită sau traficul exagerat determină degradarea structurii. În ultimele decenii s-au experimentat diferiți polimeri sintetici şi s-a constatat că unii dintre ei influențează favorabil numărul agregatelor hidrostabile şi valoarea coeficientului de filtrație (tab. 1.28).

Tabelul 1.28

Influența unor polimeri asupra câtiorva însuşiri ale unui sol brun roşcat luto-argilos, în monocultură de porumb irigată (după *Dorneanu A.*, 1976)

Specificare	Agregate hidrostabile (%)		Coef. de filtrație (10^{-6} cm/s)	Viteza de infiltrație (cm/h)
	Total Ø > 0,25 mm	din care, cu Ø > 1 mm		
Netratat	55,5	27,4	385	13,3
Poliacrilamidă 100 kg/ha s.a.	65,3	30,6	644	16,0
Poliacrilamidă 150 kg/ha s.a.	69,8	33,4	678	17,6
Poliacrilamidă 200 kg/ha s.a.	72,8	36,6	696	20,0
Acrilat de etilmetacrilat de metil 150 kg/ha s.a.	64,2	29,8	554	14,6
Acrilat de etil-acid acrilic 200 kg/ha s.a.	67,3	31,8	581	18,0
Acrilat de butil-acrilonitril 200 kg/ha s.a.	68,2	28,3	617	19,6

Scanned with OKEN Scanner

1.2.1.3 Densitatea. Particulele elementare şi elementele structurale care formează solul pot fi aşezate mai strâns sau mai lax, această dispunere influenţând însuşirile solului. Raportul între masa solului uscat şi volumul particulelor solide defineşte densitatea specifică (greutatea specifică).

$$D = \frac{M_s}{V_t} \qquad (1.14)$$

în care:

D - densitatea specifică (g/cm^3);
M_s - masa solului uscat (g);
V_s - volumul părţii solide (cm^3).

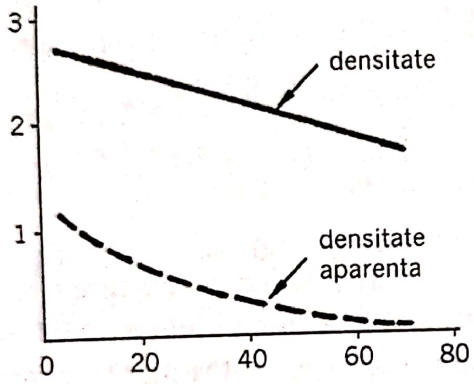


Fig. 1.22 Variaţia densităţii şi densităţii aparente în funcţie de conţinutul de materie organică a solului (după *Canarache A.*, 1990)

În orizonturile superioare, densitatea celor mai multe soluri este de 2,65 - 2,68 g/cm^3 iar în orizonturile inferioare de 2,70 - 2,72 g/cm^3. Solurile cu un conţinut ridicat în substanţă organică au densitatea mai mică (fig. 1.22). Densitatea aparentă (greutatea volumetrică) reprezintă raportul între masa solului în ansamblul lui (după uscare) şi volumul lui total (incluzând porii).

$$D = \frac{M_s}{V_t} = \frac{M_s}{V_s + V_p} \qquad (1.15)$$

în care:

D - densitatea specifică (g/cm^3);
M_s - masa solului uscat (g);
V_s - volumul părţii solide (cm^3);
V_t - volumul total al solului (cm^3);
V_p - volumul porilor (cm^3).

Tabelul 1.29

Clase de valori ale densităţii aparente (după *Canarache A.*, 1990)

Denumirea	Valori (g/cm^3) pentru soluri minerale cu textură:					
	N	N-L	L-N	L	L-A	A
Extrem de mică (foarte afânat)	< 1,28	< 1,21	< 1,18	< 1,13	< 1,05	< 0,94
Foarte mică (moderat afânat)	1,28-1,40	1,21-1,34	1,18-1,31	1,13-1,25	1,05-1,18	0,94-1,07
Mică (slab afânat)	1,41-1,53	1,35-1,47	1,32-1,45	1,26-1,39	1,19-1,31	1,08-1,20
Mijlocie (slab tasat)	1,54-1,66	1,48-1,61	1,46-1,58	1,40-1,53	1,32-1,45	1,21-1,34
Mare (moderat tasat)	1,67-1,79	1,62-1,75	1,59-1,72	1,54-1,66	1,46-1,58	1,35-1,47
Foarte mare (puternic tasat)	> 1,79	> 1,75	> 1,72	> 1,66	> 1,58	> 1,47

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1.27

Suprafețe de teren din România susceptibile la formarea crustei (după *Canarache A.*, 1990)

Susceptibilitate la formarea crustei	% din arabil
Nesusceptibile	55
Susceptibile (total)	45
Foarte slab susceptibile	22
Slab susceptibile	15
Moderat şi puternic susceptibile	8

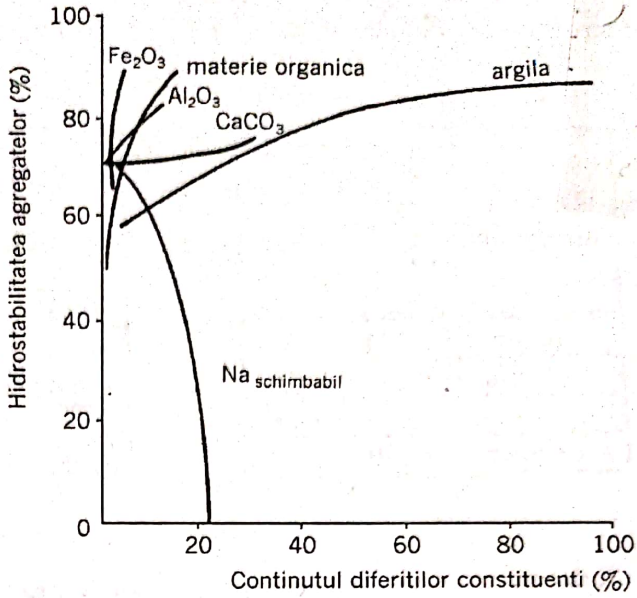


Fig. 1.21 Relații între diferiți constituenți ai solului şi stabilitatea hidrică a structurii (după *Kemper* şi *Koch*, citați de *Canarache A.*, 1990)

Pe măsură ce scad dimensiunile elementelor structurale scade şi porozitatea, se reduce conținutul în aer şi sporeşte capacitatea solului de a reține apa. Solurile cu o structură bună au o distribuție favorabilă a porilor de diferite dimensiuni în interiorul agregatelor şi în spațiile dintre acestea. Gramineele şi leguminoasele perene, cu masa lor bogată de rădăcini, populațiile de râme, precum şi alternanța înghețului şi a dezghețului au efect ameliorativ asupra structurii. Reducerea conținutului în humus, prăfuirea solului prin lucrări excesive aplicate la umiditate nepotrivită sau traficul exagerat determină degradarea structurii. În ultimele decenii s-au experimentat diferiți polimeri sintetici şi s-a constatat că unii dintre ei influențează favorabil numărul agregatelor hidrostabile şi valoarea coeficientului de filtrație (tab. 1.28).

Tabelul 1.28

Influența unor polimeri asupra câtiorva însuşiri ale unui sol brun roşcat luto-argilos, în monocultură de porumb irigată (după *Dorneanu A.*, 1976)

Specificare	Agregate hidrostabile (%)		Coef. de filtrație (10^{-6} cm/s)	Viteza de infiltrație (cm/h)
	Total Ø > 0,25 mm	din care, cu Ø > 1 mm		
Netratat	55,5	27,4	385	13,3
Poliacrilamidă 100 kg/ha s.a.	65,3	30,6	644	16,0
Poliacrilamidă 150 kg/ha s.a.	69,8	33,4	678	17,6
Poliacrilamidă 200 kg/ha s.a.	72,8	36,6	696	20,0
Acrilat de etilmetacrilat de metil 150 kg/ha s.a.	64,2	29,8	554	14,6
Acrilat de etil-acid acrilic 200 kg/ha s.a.	67,3	31,8	581	18,0
Acrilat de butil-acrilonitril 200 kg/ha s.a.	68,2	28,3	617	19,6

Scanned with OKEN Scanner

1.2.1.3 Densitatea. Particulele elementare şi elementele structurale care formează solul pot fi aşezate mai strâns sau mai lax, această dispunere influenţând însuşirile solului. Raportul între masa solului uscat şi volumul particulelor solide defineşte densitatea specifică (greutatea specifică).

$$D = \frac{M_s}{V_t} \qquad (1.14)$$

în care:

D - densitatea specifică (g/cm^3);
M_s - masa solului uscat (g);
V_s - volumul părţii solide (cm^3).

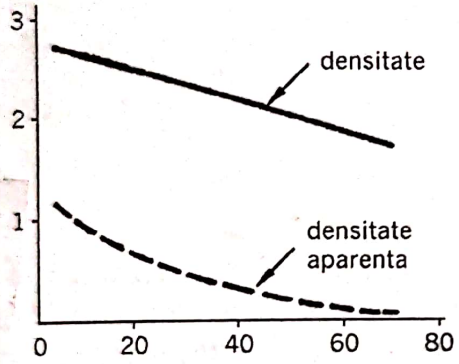


Fig. 1.22 Variaţia densităţii şi densităţii aparente în funcţie de conţinutul de materie organică a solului (după *Canarache A.*, 1990)

În orizonturile superioare, densitatea celor mai multe soluri este de 2,65 - 2,68 g/cm^3 iar în orizonturile inferioare de 2,70 - 2,72 g/cm^3. Solurile cu un conţinut ridicat în substanţă organică au densitatea mai mică (fig. 1.22). Densitatea aparentă (greutatea volumetrică) reprezintă raportul între masa solului în ansamblul lui (după uscare) şi volumul lui total (incluzând porii).

$$D = \frac{M_s}{V_t} = \frac{M_s}{V_s + V_p} \qquad (1.15)$$

în care:

D - densitatea specifică (g/cm^3);
M_s - masa solului uscat (g);
V_s - volumul părţii solide (cm^3);
V_t - volumul total al solului (cm^3);
V_p - volumul porilor (cm^3).

Tabelul 1.29

Clase de valori ale densităţii aparente (după *Canarache A.*, 1990)

Denumirea	Valori (g/cm^3) pentru soluri minerale cu textură:					
	N	N-L	L-N	L	L-A	A
Extrem de mică (foarte afânat)	< 1,28	< 1,21	< 1,18	< 1,13	< 1,05	< 0,94
Foarte mică (moderat afânat)	1,28-1,40	1,21-1,34	1,18-1,31	1,13-1,25	1,05-1,18	0,94-1,07
Mică (slab afânat)	1,41-1,53	1,35-1,47	1,32-1,45	1,26-1,39	1,19-1,31	1,08-1,20
Mijlocie (slab tasat)	1,54-1,66	1,48-1,61	1,46-1,58	1,40-1,53	1,32-1,45	1,21-1,34
Mare (moderat tasat)	1,67-1,79	1,62-1,75	1,59-1,72	1,54-1,66	1,46-1,58	1,35-1,47
Foarte mare (puternic tasat)	> 1,79	> 1,75	> 1,72	> 1,66	> 1,58	> 1,47

Scanned with OKEN Scanner

Densitatea aparentă este influențată de textura solului, conținutul lui în substanță organică, gradul de tasare etc (tab. 1.29). Plantele își dezvoltă normal rădăcinile și acestea absorb bine apa și elementele nutritive când densitatea aparentă este mai mică de 1,3 g/cm^3. La densități cuprinse între 1,3 și 1,5 g/cm^3 activitatea rădăcinilor este stânjenită iar la valori de peste 1,5 g/cm^3 rădăcinile nu pot crește normal și funcțiile lor sunt cu totul reduse.

1.2.1.4 Porozitatea. Totalitatea spațiilor care rămân între particulele solide ale solului poartă numele de porozitate și se poate exprima în procente față de volumul total al solului:

$$P_T = \frac{V_p}{V_t} \cdot 100 = \left(\frac{V_p}{V_s + V_p} \right) \cdot 100 \qquad (1.16)$$

în care:

P_T este porozitatea totală (% v/v);
V_p - volumul porilor (cm^3);
V_t - volumul total al solului (cm^3);
V_s - volumul părții solide (cm^3);

Se distinge o porozitate texturală, care se referă la solurile dezagregate și o porozitate structurală care se referă la solurile cu structură bună (*Bonneau M.* et al., 1982). Solurile care conțin multă substanță organică au porozitatea mare, capacitate ridicată de reținere a apei și aerație bună. În general, porozitatea totală oscilează între 30 și 65 %. Dezvoltarea rădăcinilor se desfășoară normal când porozitatea este cuprinsă între 50 % și 60 %, satisfăcător la 45 - 50 % și este puternic inhibată la valori sub 45 %. Textura solului influențează mult porozitatea (tab. 1.30). Solurile argiloase au porozitate mare dar volumul porilor mari scade pe măsură ce crește procentul de argilă (fig. 1.23).

Tabelul 1.30

Clase de valori ale porozității totale (după *Canarache A.*, 1990)

Denumirea	Valori (% v/v) pentru soluri minerale cu textură:					
	N	N-L	L-N	L	L-A	A
Extrem de mare (foarte afânat)	> 53	> 55	> 56	> 58	> 61	> 65
Foarte mare (moderat afânat)	49 - 53	51 - 55	52 - 56	54 - 58	57 - 61	61 - 65
Mare (slab afânat)	44 - 48	46 - 50	47 - 51	49 - 53	52 - 58	56 - 60
Mijlocie (slab tasat)	39 - 43	41 - 45	42 - 46	44 - 48	47 - 51	51 - 55
Mică (moderat tasat)	34 - 38	36 - 40	37 - 41	39 - 43	42 - 46	46 - 50
Foarte mică (foarte tasat)	< 34	< 36	< 37	< 39	< 42	< 46

Porii solului sunt de diferite dimensiuni iar repartiția lor după mărime depinde de textură și imprimă solului anumite însușiri hidrofizice. Porozitatea utilă este definită de volumul porilor care conțin apa accesibilă plantelor, având diametrul cuprins între 0,2 μ - 10 μ pe soluri cu textură mijlocie și grosieră și 0,2 μ - 30 μ pe

Scanned with OKEN Scanner

solurile nisipoase. Porii cu diametrul mai mare de 10 μ şi respectiv 30 μ formează porozitatea drenantă, prin care circulă apa liberă, de infiltraţie iar porii cu diametrul mai mic de 0,2 μ reţin puternic apa, formând porozitatea inactivă. Porozitatea capilară corespunde, cu oarecare aproximaţie, porozităţii utile şi inactive, având porii cu ø < 10 - 30 μ, iar porozitatea necapilară corespunde celei drenante, cu porii mai mari. Clasele de valori ale porozităţii drenante sunt menţionate în tabelul 1.31.

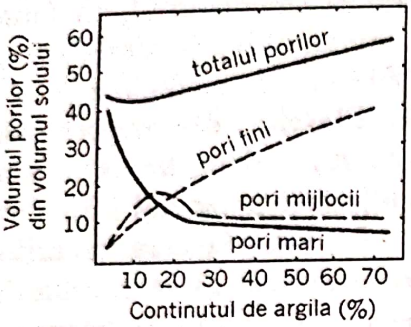


Fig. 1.23 Volumul porilor în funcţie de conţinutul de argilă (după *Dorneanu A.*, 1976)

Tabelul 1.31

Clase de valori ale porozităţii drenante (după *Canarache A.*, 1990)

Denumire	Valori (% v/v)	Aeraţie
Extrem de mică	< 6	Total deficitară
Forte mică	6 - 10	
Mică	11 - 15	Moderat deficitară
Mijlocie	16 - 22	
Mare	23 - 30	Nu sunt probleme de aeraţie
Foarte mare	> 30	

Rădăcinile plantelor şi perii radiculari explorează spaţiile ce definesc porozitatea utilă a solului, de unde absorb o mare parte din apa necesară. Porii solului ocupaţi de aer formează porozitatea de aeraţie şi aceasta creşte pe măsură ce se reduce conţinutul în apă al solului. Procesele biochimice din rădăcini se desfăşoară normal când porii mai mari decât cei capilari reprezintă 1/4 - 1/3 din porozitatea totală şi 15 - 30 % din volumul solului (*Dorneanu A.*, 1976). În solurile cu structură bună, 80 - 85 % din totalul porilor se află în interiorul agregatelor şi numai 15 - 20 % între agregate (*Caranache A.*, 1990). Terenurile agricole şi arabile din România au porozitatea de aeraţie cuprinsă, în cea mai mare parte, între 16 % şi 22 % din volum (tab. 1.32).

Pe solurile compactate (tasate), porozitatea totală scade foarte mult, densitatea aparentă creşte peste valorile normale, permeabilitatea solului pentru apă şi aer se reduce, structura se degradează şi capacitatea de producţie scade considerabil.

Se poate distinge o compactare naturală, produsă pe solurile brune luvice şi luvisoluri, care se datorează procesului de argiloiluviere când compactarea se produce în orizonturile inferioare (B_t). Adesea, se produce însă o compactare artificială (antropică) care se datorează traficului exagerat efectuat pentru lucrările agricole, transport etc. Pe măsură ce creşte gradul de mecanizare se intensifică acest gen de compactare (fig. 1.24).

Gradul de tasare a solului (*GT*) se poate calcula cu relaţia:

Tabelul 1.32

Repartiţia pe terenurile agricole şi arabile din România a solurilor cu diferite valori ale porozităţii de aeraţie (după *Canarache A.*, 1990)

Porozitatea de aeraţie (% v/v)	Agricol	Arabil
< 11	22	14
11 - 15	22	23
16 - 22	35	40
23 - 30	29	22
> 30	2	1
Total	100	100

Scanned with OKEN Scanner

$$GT = 100\,\frac{P_{MN} - P_T}{P_{MN}} \qquad (1.17)$$

în care:

GT - gradul de tasare (% v/v);

P_{MN} - porozitatea minimă necesară (% v/v), $P_{MN} = 45 + 0{,}163 \cdot A$;

P_T - porozitatea totală (% v/v);

A - conținutul de argilă cu ø < 0,002 mm (% g/g).

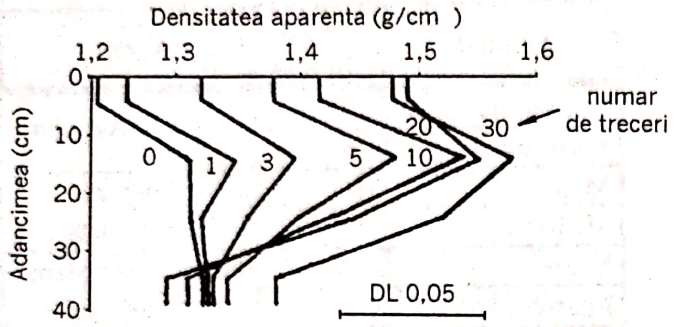


Fig. 1.24 Compactarea antropică sub influența numărului de treceri de tractor (după *Canarache A.*, 1990)

Clasele de valori ale gradului de tasare sunt menționate în tabelul 1.33.

Pentru afânarea solurilor tasate trebuie să se execute în fiecare an arături la adâncimi de 20 - 30 cm, precum şi lucrări de afânare prin subsolaj (scormonire) la 30 - 40 cm, în cazul compactării produse la mică adâncime, sau scarificare la 60 - 70 cm când s-a produs o compactare de adâncime.

Rezistența specifică a solului la arat se determină prin dinamometrare în teren şi variază după textura solului, conținutul acestuia în argilă, densitatea aparentă, coeficientul de ofilire şi capacitatea pentru apă în câmp (tab. 1.34).

Tabelul 1.33

Clase de valori ale gradului de tasare (după *Canarache A.*, 1990)

Denumirea	Valori (%)
Extrem de mic (sol foarte afânat)	< -17
Foarte mic (sol moderat afânat)	-17 ÷ -10
Mic (sol slab afânat)	-9 ÷ 0
Mijlociu (sol slab tasat)	1 ÷ 10
Mare (sol moderat tasat)	11 ÷ 18
Foarte mare (sol puternic tasat)	> 18

Tabelul 1.34

Caracteristici medii orientative privind rezistența specifică a solului la arat (după *Canarache A.*, 1990)

Clase de soluri		Conținut în argilă (%)	DA (g/cm^3)	CO (% g/g)	CC (% g/g)	Umidit. optimă	
Soluri	Rezistența specifică la arat (kgf/dm^2) la umiditatea optimă					% din masa solului	% din CC
Uşoare	sub 35	5	1,40	2	8	6	75
Mijlociu uşoare	35 - 45	10	1,40	4	15	10	67
Mijlocii	46 - 55	20	1,34	7	22	12	55
Mijlociu grele	56 - 60	30	1,35	10	26	15	58
Foarte grele	61 - 75	40	1,30	14	28	19	68
Extrem de grele	peste 75	55	1,20	20	32	24	75

Scanned with OKEN Scanner

1.2.2 Unele proprietățile chimice ale solului

Capacitatea de reținere a solului. *Aristotel* (384 - 322 î. C.) menționa în scrierile sale că apa de mare trecută prin sol își reduce conținutul în săruri. Cercetările făcute în secolele următoare au confirmat capacitatea solului de a reține din soluții anumite elemente, iar energia de distribuție diferă de la un element la altul fiind următoarea în ordine descrescândă: $Na < K < Mg < Ca$. *Ghedroit K.* (1930) stabilește diferite tipuri de reținere: mecanică, chimică, fizică, biologică.

Capacitatea de reținere mecanică a solului se manifestă la fel ca la alte corpuri poroase care rețin particulele cu diametrul mai mare decât dimensiunile porilor respectivi. Această capacitate a solului depinde de textură, structură, gradul de tasare etc. Solurile argiloase au dimensiunile porilor mai mici şi capacitatea de reținere este mai mare decât la solurile nisipoase, care au porii mai mari. Solurile cu structură bună au porii din interiorul agregatelor de dimensiuni capilare şi o capacitate bună de reținere. Solurile bine lucrate, potrivit afânate, au capacitate de reținere mai bună decât cele puternic tasate, care devin aproape impermeabile. Acumularea de coloizi reduce deschiderea porilor şi sporeşte reținerea mecanică. Uscarea solului determină depunerea particulelor fine aflate în suspensie, mărind capacitatea de reținere mecanică.

Capacitatea de reținere chimică a solului prin insolubilizare se referă la multiplele reacții chimice care se petrec în sol şi formarea diferiților compuşi mai uşor sau mai greu solubili. Astfel, la temperatura apei de 18 °C, se dizolvă: 551,8 g/l $MgCl_2$, 354,3 g/l $MgSO_4$, 329,3 g/l KCl, 358,6 g/l $NaCl$, 168,3 g/l Na_2SO_4, 193,9 g/l Na_2CO_3, 2,01 g/l $CaSO_4$, 731,9 g/l $CaCl_2$, 0,022 g/l $MgCO_3$, 0,013 g/l $CaCO_3$ etc. Odată cu creşterea temperaturii, la unii din aceşti compuşi se măreşte solubilitatea (Na_2CO_3, Na_2SO_4) iar la alții se reduce ($CaCO_3$, $MgCO_3$). Bioxidul de carbon sporeşte solubilitatea carbonaților. Când solul reține anionii din soluție şi se formează săruri greu solubile sau insolubile, are loc un proces de adsorbție polară. *Gorbunov N. I.* (1978), citat de *Lupaşcu Gh.* (1998), împarte anionii din soluția solului în trei grupe, după gradul de solubilitate a sărurilor respective care pot fi:

- ✓ uşor solubile, când solul nu poate reține anionii de Cl^-, NO_2^-, NO_3^- etc;
- ✓ puțin solubile, când sărurile se depun sub formă de precipitat şi cuprind anioni HCO_3^-, SO_4^{2-} etc;
- ✓ greu solubile, cuprind anionii PO_4^-, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} etc.

Unii specialişti, consideră că formarea coloizilor organo-minerali se datorează procesului de reținere chimică.

Capacitatea de reținere fizică a solului prin adsorbție se datorează energiei de suprafață a fazei disperse a solului. Moleculele diferitelor substanțe sunt reținute la suprafața coloizilor iar componența granulometrică şi mineralogică influențează foarte mult reținerea fizică. Pe solurile argiloase această capacitate de reținere este mai mare decât pe cele nisipoase şi îngrăşămintele aplicate rămân în zona de dezvoltare a rădăcinilor fără a fi levigate. Acest proces de reținere este influențat de natura substanțelor din soluția solului concentrația lor, temperatură, presiune etc.

Scanned with OKEN Scanner

Substanţele adsorbite nu intră în reacţie chimică cu particulele solului ci rămân în soluţie, în jurul particulelor.

Capacitatea de reţinere biologică se referă la organismele vii care absorb în mod selectiv elementele din soluţia solului. Plantele absorb prin rădăcinile lor numai elementele necesare pentru creştere şi dezvoltare iar coeficientul de acumulare biologică variază de la 0,2 la aluminiu şi titan până la 88 la fosfor (tab. 1.35).

Tabelul 1.35

Conţinutul mediu de elemente chimice în reziduul mineral al solului şi plantelor (%) (după *Lupaşcu Gh.*, 1998)

Elemente	Reziduul mineral în:		Coef. de acumulare biologică (1:2)	Elemente	Reziduul mineral în:		Coef. de acumulare biologică (1:2)
	Plantă (1)	Sol (2)			Plantă (1)	Sol (2)	
Si	15	33	0,5	*S*	5	0,085	58,8
Al	1,4	7,13	0,2	*Tv*	0,1	0,46	0,2
Fe	1	3,8	0,3	*B*	0,04	0,001	40
K	3	1,36	2,2	*Mn*	0,75	0,085	8,8
Ca	3	1,37	2,2	*Ca*	0,0015	0,001	1,5
Na	2	0,63	32	*Cu*	0,02	0,002	10
Mg	7	0,63	11,1	*Zn*	0,09	0,005	18
P	7	0,08	88	*Mo*	0,002	0,0002	10

1.2.2.2 Schimbul cationic se referă la capacitatea solului de a schimba o parte din cationii din faza solidă cu alţii din soluţia solului poartă şi numele de capacitate de reţinere fizico-chimică iar mecanismul acestui proces este cunoscut sub denumirea de adsorbţie de schimb sau polară. Deoarece la acest proces participă numai cationi şi în special cationi cationi bazici, se mai numeşte şi schimb de baze.

Schimbul cationic se produce după anumite legi cum ar fi: legea echivalenţei, reversibilităţii, echilibrului şi energiei de adsorbţie.

Legea echivalenţei arată că schimbul de cationi se produce în proporţii echivalente şi aceasta permite calculul cantităţii de amendamente necesare pentru amendarea solurilor acide.

Legea reversibilităţii se referă la faptul că unele elemente chimice introduse în sol ca îngrăşăminte trec din soluţia solului în complexul adsorbtiv şi apoi din nou în soluţia solului. Astfel, pe solurile alcaline prin aplicarea gipsului (SO_4Ca) ca amendament, calciul înlocuieşte sodiul din complexul adsorbtiv şi sulfatul de sodiu care rezultă fiind uşor solubil este îndepărtat odată cu apa de spălare.

Între cationii adsorbiţi şi cei din soluţia solului se remarcă o tendinţă permanentă de echilibru, denumită şi legea echilibrului sau echilibru de schimb. Soluţia solului însă îşi schimbă permanent concentraţia şi compoziţia datorită ploilor, absorbţiei unor elemente de către rădăcinile plantelor, descompunerii substanţelor organice etc şi de aceea, echilibrul menţionat este într-o continuă oscilaţie.

Scanned with OKEN Scanner

Energia de adsorbție a cationilor din soluția solului de către complexul de adsorbție și cea de deplasare în sens invers variază după relația și gradul de hidratare. Particulele coloidale din complexul adsorbtiv al solului au sarcină negativă iar cationii din soluția solului care participă la procesele de schimb au sarcină pozitivă, care este în creștere de la cei monovalenți la cei bivalenți și trivalenți. La cationii de aceeași valență, energia de reținere în complexul adsorbtiv crește direct proporțional cu raza ionică care este 0,62 Å la *Mg*, 0,94 Å la *Ca* etc (tab. 1.36). Întrucât cationii acționează în stare hidratată, pelicula de apă care îi înconjoară are rol parțial izolator și cu cât gradul de hidratare este mai mare, cu atât energia de adsorbție și de reținere este mai redusă. Așa, de exemplu, cationul de *Mg* are raza ionică mai mică decât a celui de *Na* dar gradul de hidratare a celui din urmă fiind mai mare, energia de reținere a lui este mai redusă decât a cationului de *Mg*. După energia de adsorbție, elementele chimice se grupează în următoarea ordine:

- ✓ monovalente $Na < (NH_4) < K$;
- ✓ bivalente $Mg < Ca < Co < Cd$;
- ✓ trivalente $Al < Fe$.

Tabelul 1.36

Raza ionică a unor elemente chimice (după *Avarvarei I., Rusu M.*, 1997

Ionii	*Si*	*Al*	Fe^{2-}	*Mg*	*Ca*	*Na*	*K*	*O*	*Zn*	*Si*	H_2O	*Mn*
Raza ionică (Å)	0,41	0,50	0,67	0,62	0,94	0,96	433	1,45	0,74	1,45	0,91	0,54

Se remarcă ionul de H^+, care este de 4 ori mai puternic reținut în complexul adsorbtiv decât cel de *Ca* și de 17 ori mai mult decât cel de *Na*. Însă atunci când concentrația cationilor de *Na* în soluție depășește de câteva ori pe a celor de *Ca*, solul va adsorbi cu precădere *Na*, așa cum se întâmplă în solurile alcalice.

Suma bazelor schimbabile (S_B) reprezintă suma cationilor bazici ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$) adsorbiți în complexul adsorbtiv al solului, exprimat în miliechivalenți la 100 g sol uscat la 105 °C iar aprecierea fertilității solului după cationii schimbabili se prezintă în tabelul 1.37.

Tabelul 1.37

Caracterizarea fertilității solului după cationii schimbabili și suma lor (S_B)
(după *Davidescu Velicica* și *Davidescu D.*, 1999)

Caracterizarea fertilității *	me/100 g sol				Total S_B
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	
Foarte ridicată	> 20	> 8	> 1,2	> 2	> 25
Ridicată	10 - 20	3 - 8	0,6 - 1,2	0,7 - 2	15 - 25
Mijlocie	5 - 10	1 - 3	0,3 - 0,6	0,3 - 0,7	7 - 14
Scăzută	2 - 5	0,3 - 1	0,2 - 0,3	0,1 - 0,3	4 - 7
Foarte scăzută	< 2	< 0,3	< 0,2	< 0,1	< 3

* - cu excepția solurilor care au *Na* schimbabil > 12 % din S_B.

Scanned with OKEN Scanner

Capacitatea totală de schimb cationic (T) reprezintă totalitatea cationilor reţinuţi în complexul adsorbtiv al solului şi se exprimă în mliechivalenţi la 100 g sol.

Gradul de saturaţie cu baze (V) exprimă procentual cationii bazici din totalul celor adsorbiţi conform relaţiei:

$$V = \frac{S_B}{T} \cdot 100 \qquad (1.18)$$

în care:

V - gradul de saturaţie cu baze (%);
S_B - suma bazelor schimbabile;
T - capacitatea totală de schimb cationic.

În tabelul 1.38 se menţionează valorile gradului de saturaţie a solului cu baze şi fertilitatea acestuia.

Tabelul 1.38

Caracterizarea fertilităţii solului după gradul de saturaţie cu baze (V %)
(după *Davidescu Velicica* şi *Davidescu D.*, 1999)

Caracterizarea fertilităţii *	Limite (V %)	Aprecierea pedologică
Foarte ridicată	> 91	eubazic
Ridicată	76 - 90	mezobazic
Mijlocie	46 - 75	oligo-mezobazic
Scăzută	25 - 45	oligobazic
Foarte scăzută	< 24	extrem oligobazic

* - cu excepţia solurilor sărăturate.

1.2.2.3 Capacitatea de tamponare a solului se referă la însuşirea acestuia de a se opune la modificarea reacţiei când apare o sursă de acizi sau baze. Cel mai important rol de tampon îl are complexul argilo-humic, care poate fi saturat în întregime cu ioni bazici sau parţial cu ioni acizi şi parţial cu ioni bazici. Solurile cu complexul saturat numai cu ioni de hidrogen (podzoluri) au capacitate de tamponare numai pentru baze iar solurile al căror complex conţine şi ioni bazici şi ioni de hidrogen (cernoziomuri cambice) au capacitate de tamponare şi pentru acizi şi pentru baze. Capacitatea de tamponare apare ca regulator a reacţiei solului. Cunoaşterea capacităţii de tamponare permite calcularea cantităţii de îngrăşăminte care trebuie administrată solului. Capacitatea de reţinere a solului, schimbul de ioni şi capacitatea de tamponare prezintă mare importanţă pentru nutriţia plantelor.

Scanned with OKEN Scanner

Bibliografie

1. Allison L. F., 1997 - *Effect of microorganism on permeability of soil under prolonged submergence*, Soil science, 63.
2. Avarvarei I. şi colab., 1997 - *Agrochimie*, Editura Sitech, Craiova.
3. Barbault R., 1995 - *Ecologie générale, structure et fonctionnement de la biosphère*, Masson, Paris.
4. Baver L. D. et al., 1972 - *Soil physics*, vol. I, New York.
5. Bonciarelli F. et al., 1998 - *Agronomia*, Edagricole, Bologna.
6. Bonneau M. et al., 1982 - *Constituents and proprieties of soils*, Academic Press London - New York.
7. Botzan M. şi colab., 1963 - *Cercetări asupra bilanţului apei în solurile irigate în condiţiile Cîmpiei Române*, Studii Hidroameliorații, ISCM, vol. 1, Bucureşti.
8. Botzan M., 1972 - *Bilanţul apei în solurile irigate*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
9. Bucur N., Lixandru Gh., 1997 - *Principii fundamentale de ştiinţa solului*, Editura Dosoftei, Iaşi.
10. Budoi Gh. şi colab., 1996 - *Agrotehnica*, Editura Ceres, Bucureşti.
11. Canarache A., 1986 - *Aspecte pedologice şi agrofizice privind relaţiile sol - maşină în agricultura mecanizată*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 7, Bucureşti.
12. Canarache A., 1989 - *Cercetări şi rezultate privind parametrii agrofizici şi hidrofizici optimi ai fertilităţii solului*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 10, Bucureşti.
13. Canarache A., 1990 - *Fizica solurilor agricole*, Editura Ceres, Bucureşti.
14. Chifu T., Murariu A., 1999 - *Bazele protecţiei mediului ajutător*, Editura Universităţii „Al. I. Cuza", Iaşi.
15. Chiriţă C. D., 1974 - *Ecopedologia cu baze de pedologie generală*, Editura Ceres, Bucureşti.
16. Coman Gh. şi colab., 1996 - *Economia mediului*, Editura Moldovița, Iaşi.
17. Davidescu D. şi colab., 1981 - *Agrochimia*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
18. Davidescu Velicica şi colab., 1999 - *Compendium agrochimic*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
19. Dolgov S. I., 1948 - *Isledovania podvijnosti povivennoi vlaghi î eio dostupnosti dlea rastenii*, Moskva.
20. Dorneanu A., 1976 - *Dirijarea fertilităţii solului*, Editura Ceres, Bucureşti.
21. Duchaufour Ph., 1988 - *Pédologie*, Masson, Paris.
22. Foth H. D., 1990 - *Fundamentals of soil sciences*, John Willey, New York.
23. Henin D., 1973 - *Physique du sol*, vol. II, Ostom, Paris.
24. Hillel D., 1973 - *Soil and water - Physical principles and processes*, Academic Press, New York and London.
25. Kauriceva S. L., 1989 - *Pocivovedenie - Agropomizdat*, Moskwa.
26. Kloke A., 1980 - *Richtwerte 80; Orientierungedaten für toleriebare Gesamtgehatte einiger Elemente in Kulturböden*, H 2, Mitt. VELUFA.
27. Lupaşcu Gh., 1998 - *Geografia solurilor cu elemente de pedologie generală*, Editura Universităţii „Al. I. Cuza", Iaşi.
28. Obrejanu Gr, şi colab., 1972 - *Pedologie*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
29. Onisie T. şi colab., 1999 - *Agrotehnica*, Editura Ion Ionescu de la Brad, Iaşi.

Scanned with OKEN Scanner

30. Oprea C. V., Calancea L., 1985 - *Complexele bioenergetice ale solului şi capacitatea sa de producţie*, Editura Facla, Timişoara.
31. Oprea C. V., Lupei N., 1975 - *Echilibre şi dezechilibre în biosferă*, Editura Facla, Craiova.
32. Papacostea P., 1976 - *Biologia solului*, Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti.
33. Popescu Ch., Bucur D., 1999 - *Apa şi producţia vegetală*, Editura Gh. Asachi, Iaşi.
34. Răuţă C., 1985 - *Solul şi apa*, Referat la Primul simpozion de Îmbunătăţiri funciare, Bucureşti.
35. Rode A. A., 1956 - *Les diverses types du régime hydrologique des sols*, VI Congres Internationale de la Sciences du sol, Paris.
36. Soltner D., 1992 - *Les bases de la production végétale*, tom I, *Le sol*, Edition Collection „Sciences et techniques agricole", Sainte Gemmes sur Loire.
37. Teaci D. şi colab., 1985 - *Influenţa condiţiilor de mediu asupra creşterii pomilor în România*, Editura Ceres, Bucureşti.
38. Tombesi L., 1966 - *Elementi di scienza del suolo*, Edagricole, Bologna.
39. Tombesi L., 1968 - *L'evaporazione in atmosphera controlata e all' aperta*, L' Italia agricola, 4, Roma.
40. Tufescu V., Tufescu M., 1981 - *Ecologia şi activitatea umană*, Editura Albatros, Bucureşti.
41. Vilain M., 1993 - *La production végétale*, vol. I, *Les composantes de la production*, Baillière, Paris.
42. Zarnea G., 1963 - *Microbiologie*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

„Nu ne foloseşte la nimic cucerirea Lunii
dacă pierdem Pământul"
François Mauriac

II. FACTORI ŞI PROCESE CARE DETERMINĂ POLUAREA ŞI DEGRADAREA SOLULUI

Solul şi subsolul oferă numeroase surse de materii prime: apă, lut, nisip, pietriş, diferite minerale şi combustibili (cărbune, petrol). Pe sol se construiesc locuinţe, clădiri industriale, drumuri, parcuri pentru recreare, precum şi cimitire. Solul reprezintă şi un mediu important pentru descoperiri arheologice şi paleontologice care, ajută la înţelegerea evoluţiei planetei şi a omului. Solul are o capacitate limitată de epurare, căci porii săi fini nu lasă să pătrundă în adâncime unele substanţe poluante grosiere. Particulele de argilă şi alte componente ale solului reţin prin adsorbţie cationii diferiţilor compuşi care ar putea produce poluarea. Microorganismele din sol - bacterii, ciuperci etc - descompun şi produc degradarea anumitor poluanţi.

Diferitele fenomene naturale, precum şi numeroasele şi variatele activităţi umane determină, adesea, dereglarea funcţiilor naturale ale solului, ajungându-se la poluarea şi degradarea lui. Poluarea solului constă în acumularea în stratul explorat de rădăcini a unor substanţe dăunătoare, care determină reducerea recoltei sau deprecierea calităţii acesteia. Degradarea solului afectează componentele lui şi produce dereglări mai puternice ale diferitelor procese fizice, chimice şi biologice, ajungându-se la scoaterea suprafeţei respective din circuitul agricol.

Poluarea solului este, în general, mai complexă decât a apei sau a aerului căci, prin îndepărtarea poluantului (epurare) apa şi aerul îşi revin relativ repede la starea iniţială dar în sol, poluarea poate produce dezechilibre de lungă durată, care îi afectează capacitatea de producţie.

O lungă perioadă de timp, omenirea a considerat că apa, aerul şi solul - datorită volumului şi întinderii lor - pot neutraliza orice factor dăunător mediului înconjurător. Însă, pe măsură ce s-a dezvoltat industria, s-a extins explozia demografică, s-au construit marile centre urbane şi s-au acumulat mari cantităţi de deşeuri, reziduuri şi ape uzate, s-a constatat că aşa numita *doctrină 2 D* (dispersie şi diluare) nu mai este valabilă. S-a observat că apa, aerul şi solul nu pot realiza dispersia şi diluţia numeroaselor substanţe poluante, care se acumulează, în special, în marile centre urbane, în aproprierea unor întreprinderi industriale, în zonele miniere etc. Unele substanţe solubile sau sub formă de pulbere sunt purtate de apă sau curenţi de aer şi se acumulează în anumite zone, în concentraţii foarte mari iar poluarea solului, a apei şi aerului sunt în strânsă interdependenţă.

Procesul de poluare a solului s-a amplificat în a doua jumătate a secolului XX şi datorită exploziei demografice. Cu aproximativ 7.000 de ani î.C. existau pe pământ circa 10 milioane de locuitori şi abia după 2.500 de ani s-a ajuns la 20 de milioane. Următoarele etape pentru dublarea populaţiei au fost 2.000 de ani, apoi

Scanned with OKEN Scanner

1.500, 1.000, 900, 800 etc. La începutul secolului XIX (1804), populația globului ajunsese aproximativ la un miliard de locuitori şi dublarea acesteia a avut loc în doar 120 de ani (1927). Datorită unor medicamente de sinteză şi biopreparate de mare eficacitate s-a redus considerabil mortalitatea infantilă şi s-a prelungit vârsta medie, aşa încât după numai 45 de ani (1974) pe glob existau 4 miliarde de fiinţe omeneşti. După încă 13 ani - în iulie 1987 ceasornicul populației mondiale din Chicago anunța că pe Terra existau 5 miliarde de locuitori iar în octombrie 1999 s-a ajuns la 6 miliarde. Se estimează că populația globului v-a depăşi 9 miliarde de locuitori la mijlocul secolului XXI (2050).

Odată cu sporirea populației au crescut cerințele pentru produse alimentare şi s-a extins agricultura intensivă. Chimizarea, irigarea, mecanizarea etc au determinat creşterea producției agricole sau chiar dublarea acesteia, însă în unele zone au contribuit şi la agravarea procesului de poluare şi degradare a solului.

Pe plan mondial, 38 % din suprafața cultivată, 21 % din păşunile permanente şi 18 % din terenurile împădurite se aflau, la sfârşitul secolului trecut, în diferite stadii de degradare, în special în Asia şi Africa dar şi alte continente (tab. 2.1). Din întreaga suprafață de soluri degradate, eroziunea produsă de apă afectează 43,1 % din terenurile despădurite, 29,3 % din păşuni şi 24,3 % din suprafața arabilă iar degradarea fizică şi chimică afectau 79,5 % şi respectiv 55,7 % din terenul arabil degradat (tab. 2.2).

Tabelul 2.1

Suprafețe de teren afectate de degradare antropică pe continente
(după *Udrescu S.*, 1997)

Continente	Teren cultivat			Păşuni permanente			Teren împădurit		
	Total	Degradate		Total	Degradate		Total	Degradate	
	mil ha	mii ha	%	mil ha	mii ha	%	mil ha	mii ha	%
Africa	187	121	65	793	243	31	683	130	19
Asia	536	206	38	978	197	20	1273	345	27
America de Sud	142	64	45	478	68	14	896	112	13
America Centrală	38	28	74	94	10	11	66	24	36
America de Nord	236	63	26	274	29	11	621	4	1
Europa	287	72	25	156	54	35	353	92	26
Oceania	49	8	16	439	83	19	156	12	8
Total glob	1475	562	38	3212	684	21	4048	718	18

La Adunarea Mileniului Naţiunilor Unite, care a avut loc la începutul anului 2001, se arăta că venitul mondial obținut din agricultură a scăzut în ultimii ani cu circa 40 miliarde de dolari anual.

La Conferința Mondială pentru Dezvoltare Durabilă - desfăşurată în septembrie 2002 la Johannesburg, în Africa de Sud - se arăta că 15 % din suprafața arabilă de pe glob era degradată datorită diferitelor activități umane (tab. 2.2).

În raport cu populația, terenurile cultivate s-au redus de la 0,23 ha/locuitor în anul 1950 la 0,12 ha/locuitor în anul 1995. În ultimii 45 de ani, circa 11 % din suprafața agricolă a planetei a suferit o degradare profundă, pierzând - în parte -

Scanned with OKEN Scanner

capacitatea de producție. Pe parcursul ultimului secol, rezerva de humus a solului s-a redus cu aproximativ 30 %. Se menține, așadar, de actualitate afirmația lui *Saint Marc Ph.*, care afirma în 1971: *„pentru fericirea și salvarea lumii este esențial a planta înainte de a construi"*.

Tabelul 2.2

Tipuri de degradare a solului produsă de om și diferiți alți factori (mil ha și % din total degradat) (după *Udrescu S.*, 1997)

Tipuri de degradare	Despăduriri		Supra-exploatare		Suprapășunat		Activități agricole		Activități industriale	
	mil ha	%	mil ha	%	mil ha	%	mil ha	%	mil ha	%
Eroziune hidrică	471	43,1	36	3,3	321	29,3	266	24,3	-	-
Eroziune eoliană	44	8,0	85	15,5	332	60,6	87	15,9	-	-
Degradare chimică	62	25,9	10	4,2	12	5,0	133	55,7	22	9,2
Degradare fizică	1	1,2	-	-	16	19,3	66	79,5	-	-
Total	578	29,4	131	6,7	681	34,7	552	28,1	22	1,1

Producțiile mici care se obțin pe întinse suprafețe agricole în unele țări sunt determinate, adesea, și de gradul avansat de poluare a solului, căci recolta scade pe măsură ce se intensifică procesul de poluare (tab. 2.3).

Tabelul 2.3

Gradul de poluare a solului și reducerea recoltei (după *Răuță C.* și colab., 1983)

Gradul de poluare a solului	Reducerea recoltei (%)	Gradul de poluare a solului	Reducerea recoltei (%)
Nepoluat	sub 5	Puternic poluat	26 - 50
Slab poluat	6 - 10	Foarte puternic poluat	51 - 75
Moderat poluat	11 - 25	Excesiv poluat	peste 75

Urmărind multiplele aspecte ale poluării și degradării mediului și solului, în special, economiștii de la Banca Mondială au constatat că în perioada 1981 - 1989, costurile generate de acestea erau cuprinse, în diferite țări, între 0,4 și 10,9 % din produsul intern brut. Conform programului *Saveur*, în țările din Europa Centrală și de Est, 21,7 % din terenurile agricole sunt compactate, 15,9 % afectate de eroziune hidrică, 10,8 % au fertilitate scăzută, 8,7 % sunt supuse acidifierii, 7,0 % sunt expuse eroziunii eoliene, 3,8 % sunt poluate cu pesticide, 3,9 % sunt afectate de umiditate excesivă, 2,8 % sunt poluate cu metale grele, 2,2 % sunt contaminate radioactiv iar 1,7 % sunt salinizate.

În România, s-a propus o clasificare a terenurilor agricole în șase clase de calitate, după fertilitatea solului (F) și criterii fizice și economice (tab. 2.4).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.4

Clasificarea potențialului productiv al terenurilor agricole
(după *Băloi V., Ionescu V.*, 1986)

Clasa de calitate a solurilor		Elemente
I	Terenuri de calitate foarte bună, fără restricții F = 100 - 81	Terenurile respective au condiții foarte bune pentru creşterea şi dezvoltarea plantelor şi de mecanizare a tuturor lucrărilor agricole. Pot fi cultivate majoritatea plantelor de cultură din zona bioclimatică respectivă, cu tehnologiile cele mai moderne, investiții minime şi randamente maxime.
II	Terenuri de calitate bună, cu restricții mici F = 80 - 61	Terenuri cu soluri care prezintă pericol de degradare şi în fază incipientă de degradare: pseudogleizare, gleizare, salinizare, alcalinizare, acidifiere. Terenuri cu pante mici şi limitări minime datorate alcătuirii granulometrice şi a ridicării nivelului freatic. Pe aceste terenuri sunt necesare lucrări pentru prevenirea degradărilor şi agropedoameliorative.
III	Terenuri de calitate mijlocie şi cu restricții mijlocii F = 60 - 41	Terenuri cu procese evidente de degradare. Sortimentul plantelor de cultură este limitat de condițiile climatice şi edafice. Sunt necesare lucrări de amenajare hidroameliorativă şi măsuri agropedoameliorative. Terenul trebuie să prezinte cel puțin o limitare sau un proces de degradare cu o intensitate mijlocie.
IV	Terenuri de calitate slabă cu restricții severe F = 40 - 21	Terenuri cu soluri afectate de limitări sau procese de degradare puternice, terenuri cu pante mari, afectate de procese negative de intensitate mare. Terenurile sunt la limita folosirii arabilului, fiind necesare măsuri şi lucrări complexe de amenajare şi ameliorare iar pentru a fi mecanizate este necesară o sistemă de maşini cu tractoare pe şenile.
V	Terenuri de calitate foarte slabă cu restricții excesive F < 20	Terenuri neindicate pentru a fi folosite ca arabil, cu limitări foarte severe, cu producții slabe şi foarte slabe. Se includ solurile mlăştinoase, saline şi alcaline, cele excesiv scheletice şi prundişurile slab solidificate. Prezintă limitări absolute, pante > 35 %, alunecări active. Pentru amenajare şi ameliorare, comportă investiții mari, neputând fi ameliorate în condiții economice.
VI	Terenuri neproductive	Se includ solonceacurile cu crustă, solonețurile fără vegetație, cele excesiv mlăştinoase, fitosolurile antropice, gropile de împrumut, ravenele, râpile, torentele.

Repartiția terenurilor agricole pe clase de pretabilitate arată că la începutul anului 2000, peste 50 % din suprafața agricolă şi 35 % din suprafața arabilă se încadrau în clasele IV şi V, cu pretabilitate slabă şi foarte slabă şi numai 27,4 % din suprafața agricolă se încadra în clasele I şi II, cu pretabilitate bună şi foarte bună (tab. 2.5). Se apreciază că defrişarea pădurilor a contribuit la degradarea solului cu 34,5 %, păşunatul excesiv cu 36,2 %, agrotehnica inadecvată cu 28,1 % şi industria cu 1,2 %. Reducerea suprafețelor împădurite determină intensificarea eroziunii solului şi înrăutățirea condițiilor climatice. *Ionescu Siseşti Gh.* arăta că *„pierderea*

Scanned with OKEN Scanner

pădurii nu înseamnă numai pierderea unei bogății ci și pierderea obârșiei din care izvorăște bogăția".

Tabelul 2.5

Repartiția terenurilor agricole din România pe clase de pretabilitate la 1.01.2000 (după *ICPA* și *OSPA*, 2002)

Pretabilitatea		Agricol		Arabil		Pășuni și fânețe		Vii și livezi	
Clasa	Semnificația	mii ha	%	mii ha	%	mii ha	%	mii ha	%
I	foarte bună	410,3	2,8	354,9	3,8	53,7	1,1	1,7	0,3
II	bună	3.665,6	24,6	3.352,7	35,8	220,1	4,5	82,8	15,7
III	mijlocie	3.082,6	20,8	2.364,0	25,2	596,6	12,1	122,0	23,2
IV	slabă	3.628,6	24,5	1.737,9	18,5	1.767,4	35,8	123,4	23,4
V	foarte slabă	4.054,8	27,3	1.569,9	16,7	2.288,4	46,5	196,5	37,4
Total		14.831,8	100	9.379,3	100	4.926,2	100	526,4	100

În România revine 0,67 ha teren agricol și 0,42 ha teren arabil pe locuitor dar, suprafața folosită pentru agricultură și silvicultură reprezintă 95 - 98 % din suprafața potențială și este evident că degradarea unor suprafețe de teren și, eventual, scoaterea lor din circuitul agricol reprezintă o pierdere deosebit de grea. Unele țări au rezerve mari de teren care poate fi utilizat în agricultură (Rusia 36 %, SUA și Canada 49 % etc) și pot spori producția agricolă prin extinderea suprafeței cultivate dar la noi în țară acest lucru nu este posibil și drept urmare, trebuie menținută și îmbunătățită capacitatea de producție a terenului agricol.

2:1 Surse și tipuri de poluare a solului

Numeroasele și complexele procese de poluare a solului se pot clasifica după mai multe criterii. După originea factorilor care produc poluarea se disting: poluarea naturală - datorată unor cauze naturale - și poluarea artificială, determinată de activitățile umane.

Poluarea naturală se poate produce în urma erupțiilor vulcanice, cutremurelor de pământ și alunecărilor de teren, furtunilor de praf și nisip, dereglărilor meteorologice, inundațiilor și colmatărilor. Toate aceste fenomene naturale determină procese complexe de poluare a solului și a mediului, în general. Pe suprafața globului există circa 500 de vulcani activi, din craterele cărora se degajă gaze formate din vapori de apă, bioxid de carbon, acid clorhidric, acid fluorhidric, acid sulfocianhidric, sulfați, cloruri, hidrogen sulfurat etc. În timpul erupției, lava vulcanică a acoperit în trecutul geologic peste două milioane km^2 din suprafața terestră iar pulberile și gazele eliminate în atmosferă au contribuit la producerea efectului de seră (*Oprea C. V.* și colab., 1975). Cutremurele de pământ determină perturbări ale echilibrului hidrogeologic, pe versante se produc alunecări de teren, degradări ale solului prin fisurarea lui și a rocilor din subsol. Furtunile de praf și vârtejurile ridică, în zonele de stepă, de pe solul uscat particule de diferite dimensiuni și le transportă la mari distanțe, unde se depun progresiv, producând

Scanned with OKEN Scanner

poluarea terenurilor respective. În ultimele decenii s-au produs, datorită efectului de seră, diverse dereglări meteorologice, cu precipitații foarte abundente și inundații, alunecări de teren în anumite zone sau lungi perioade de secetă în alte zone, furtuni neobișnuite (Făcăieni - Ialomița, 2002) etc, toate acestea producând poluarea solului și a mediului.

Tabelul 2.6

Clasificarea tipurilor de poluare a solului (după *Șchiopu D.*, 1997)

I. După proveniența poluanților	
Poluare naturală	biologică; datorită unor fenomene fizico-chimice din natură; menajeră.
Poluare industrială	
Poluare agricolă	
II. După natura poluanților	
Poluare fizică	termică; fonică; luminoasă; radioactivă; electrică.
Poluare chimică cu:	hidrocarburi lichide; derivați ai sulfului, azotului etc; metale grele; derivați ai fluorului; materii plastice; pesticide; materii organice fermentescibile.
Poluare biologică cu:	germeni patogeni; invazii de insecte, buruieni etc.
Poluare estetică	prin degradarea peisajelor
III. După starea fizică a poluantului	
Poluarea cu lichide	
Poluarea cu gaze	
Poluarea cu obiecte solide	

A doua categorie a surselor de poluare, determinată de activitățile umane, cuprinde aglomerațiile urbane, centrele industriale, războaiele și industria de război, transporturile, agricultura etc. Luând în considerație natura poluanților, *Răuță C.* și colab. (1983) disting patru clase de poluare: fizică, chimică, biologică și radioactivă și menționează următoarele tipuri de poluare:

- ✓ prin lucrări de excavare la zi (exploatări miniere la zi, balastiere, cariere etc);
- ✓ prin acoperirea solului cu deponii, halde, iazuri de decantare, depozite de steril de la flotare, depozite de gunoaie etc;
- ✓ cu deșeuri și reziduuri anorganice (minerale, materii anorganice, inclusiv metale, săruri, acizi, baze) de la industrie (inclusiv industria extractivă);

Scanned with OKEN Scanner

- ✓ cu substanțe purtate de aer (hidrocarburi, etilenă, amoniac, bioxid de sulf, cloruri, fluoruri, oxizi de azot, compuşi cu plumb etc);
- ✓ cu materii radioactive;
- ✓ cu deşeuri şi reziduuri organice de la industria alimentară şi uşoară;
- ✓ cu deşeuri şi reziduuri vegetale agricole şi forestiere;
- ✓ cu dejecții animale şi umane;
- ✓ prin eroziune sau alunecări de teren şi acoperirea solului cu sedimente;
- ✓ prin sărăturare, acidifiere sau exces de apă, pesticide etc;
- ✓ prin exces sau carențe de elemente nutritive;
- ✓ prin compactare, inclusiv formare de crustă;
- ✓ cu agenți patogeni contaminanți (agenți infecțioşi, toxine, alergenți etc).

Poluarea solului poate fi endogenă sau exogenă (*Chifu T.* şi colab., 1999). În prima categorie sunt incluse solurile la care s-a produs o modificare a proporției componentelor, cum ar fi acidifierea, excesul unor săruri etc. Poluarea exogenă se datorează aportului din exterior a unor substanțe poluante (pesticide, metale grele etc).

Şchiopu D. (1997) clasifică tipurile de poluare a solului după proveniența, natura şi starea fizică a poluanților (tab. 2.6).

2.2 Principalele procese şi factorii determinanți ai poluării şi degradării solului

2.2.1 Eroziunea solului produsă de apă se manifestă foarte intens pe terenurile în pantă neprotejate de vegetație, în zonele unde pădurile au fost defrişate sau degradate datorită poluării mediului iar pajiştile naturale au fost deştelenite sau deteriorate printr-un păşunat abuziv şi apoi s-a trecut la cultivarea plantelor agricole fără a se aplica o agrotehnică adecvată. În unele țări, defrişarea pădurilor s-a făcut pe suprafețe foarte mari. Spre exemplu, în Etiopia pădurile ocupau la începutul secolului XX aproximativ 50 % din suprafața țării iar în 1995 arborii mai rămăseseră doar pe 3 % din suprafață. În țările industrializate, poluarea aerului şi ploile acide afectează arborii. Astfel, plantațiile de pin galben, care ocupau în partea de sud a SUA circa 42 mil ha s-au redus cu 30 până la 50 % în perioada 1955 - 1985. În intervalul 1970 - 1980, pierderile de sol prin eroziune atingeau valori de circa 75 t/ha·an în India, până la 250 t/ha·an în Madagascar şi China (tab. 2.7).

Se estimează că pe întreaga suprafață a globului aproximativ o treime din terenurile arabile sunt afectate de eroziune, pierderile de sol cifrându-se la peste 76 miliarde tone anual iar turbiditatea medie a rețelei hidrografice mondiale este de 360 g/m^3. Eroziunea medie specifică pe suprafața globului este de 134 t/km^2·an (*Băloi V.* şi colab., 1986). Un raport întocmit de ONU în anul 1992 arată că aproximativ 15,6 % din terenurile agricole de pe glob sunt puternic degradate prin eroziune iar 51,7 % sunt moderat degradate (*Brown L.R.*, 1996).

Dregne H. (1998) clasifică terenurile agricole în trei categorii după gradul de degradare prin eroziune (tab. 2.8). Se remarcă Africa şi Asia, cu cel mai mare

Scanned with OKEN Scanner

procent de terenuri grav afectate de procese erozionale. Urmărind factorii care limitează capacitatea de producție a terenurilor agricole, *Oldeman* (1991) constată că în Europa eroziunea hidrică, alături de pesticide și alcalinitatea ridicată a solului, determină în cea mai mare măsură reducerea producției agricole (tab. 2.9).

Tabelul 2.7

Eroziunea solului pe terenurile cultivate din câteva țări în perioada 1970 - 1980 (după *Ramade Fr.*, 1989)

Țara	Zona	Suprafața (mii ha)	Suprafața afectată (% din total)	Pierderi de sol (t/ha·an)
Etiopia	Platoul central	47,0	43,0	34
Madagascar	Arabil și pășune	45,9	79,0	25 - 250
SUA	Teren cultivat	169,0	19,0	9,6
Peru	Întreaga țară	128,0	100,0	15
India	Teren cultivat	80,0	27,0	75
Nepal	Întreaga țară	13,7	100,0	35 - 70
China	Platoul de Loess	60,0	6,4	11 - 251

Tabelul 2.8

Stadiul de degradare prin eroziune a terenurilor agricole (1975 - 1980) (procente din suprafața afectată) (după *Dregne H.*, 1998)

Continentul	Degradare ușoară	Degradare medie	Degradare gravă	Total
Africa	60	23	17	100
Asia	56	28	16	100
Australia	38	55	7	100
Europa	69	25	6	100
America de Nord	70	23	7	100
America de Sud	73	17	10	100

Tabelul 2.9

Suprafața terenurilor agricole din Europa afectate de eroziune și alți factori limitativi ai capacității productive (după *Oldeman*, 1991)

Denumirea factorului	Suprafața afectată mil ha	Procentul din suprafața totală
Eroziune hidrică	115,0	12,0
Eroziune eoliană	42,0	4,0
Acidifiere	85,0	9,0
Pesticide	180,0	19,0
Alcalinitate ridicată	170,0	18,0
Compactarea solului	33,0	4,0
Pierderi de substanță organică	3,2	0,3
Salinizarea solului	3,8	0,4
Difuzia apei în sol	0,8	0,1

Scanned with OKEN Scanner

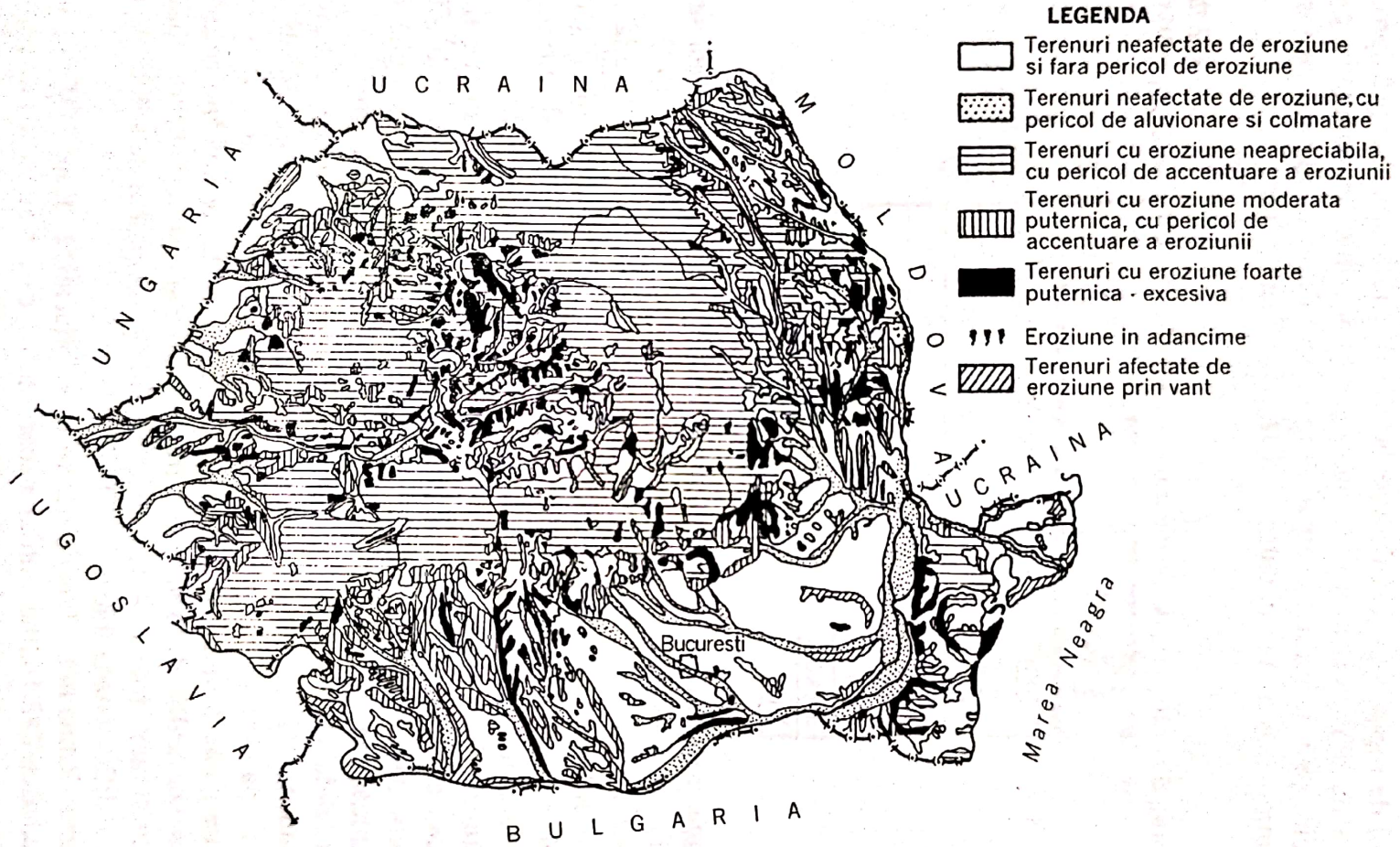


Fig. 2.1 Harta eroziunii solurilor României (după *Florea N.*, 1977)

Scanned with OKEN Scanner

Particulele de sol antrenate de apa de scurgere sunt transportate şi depuse în lunci, râuri sau lacuri, producând colmatarea acestora şi poluarea mediului ambiant, în general. Cantitatea de sedimente transportate de marile fluvii ajunge la sute de milioane de tone anual (tab. 2.10) iar colmatarea lacurilor se produce într-un ritm destul de rapid. Dunărea depune la vărsarea în Marea Neagră aproape 80 milioane tone de aluviuni în fiecare an. Aşadar, în timp ce populaţia globului sporeşte cu circa 90 de milioane anual, suprafeţele de teren agricol cu fertilitate ridicată se diminuează continuu, datorită eroziunii, salinizării etc.

Tabelul 2.10

Transportul de sedimente pe câteva din marile fluvii (după *Brown L. R.*, 1998)

Fluviul	Ţara	Sedimente mil t/an
Fluviul Galben	China	1600
Gange	India	1455
Amazoane	mai multe ţări	363
Mississippi	SUA	300
Irrawaddy	Birmania	299
Kosi	India	172
Mekong	mai multe ţări	170
Nil	mai multe ţări	111

În România, eroziunea solului afectează aproape o treime din suprafaţa agricolă a ţării (fig. 2.1), adică 4918,8 mii ha, conform evaluărilor făcute în anul 1992.

În perioada 1950 - 1999, diferitele lucrări şi amenajări pentru protecţia solului împotriva eroziunii s-au extins de la circa 2.000 ha la 2.276.900 ha, din potenţialul de circa 5 mil ha, dar cele mai multe dintre aceste lucrări nu au fost întreţinute şi exploatate necorespunzător, degradându-se, în special, după anul 1990.

2.2.2 Alunecările de teren. Alunecările de teren sunt deplasări naturale ale unor mase de pământ care glisează pe suprafeţe înclinate, înmuiate de apă, sub acţiunea dominantă a gravitaţiei. Ele se produc datorită existenţei unor mase de argilă sau de formaţiuni argiloase care joacă rolul (orizontului) suprafeţei de alunecare.

Alunecările de teren determină distrugerea plantelor cultivate, deteriorarea obiectivelor industriale şi social-economice, degradarea căilor de comunicaţii etc.

Masele de pământ alunecate constituie importante surse de material solid dezagregat care poate fi antrenat de scurgerea de suprafaţă, producând colmatarea cu aluviuni a cursurilor de apă. Netezirea şi amenajarea terenurilor alunecate implică cheltuieli mari, folosirea de utilaje speciale şi adoptarea de soluţii, în unele cazuri, de mare dificultate tehnică.

Pe teritoriul României, alunecările de teren afectează peste 700 mii ha iar dintre acestea, circa 242.162 ha sunt alunecări active, care s-au extins pe parcursul ultimelor decenii. Zonele cu cele mai frecvente şi intense alunecări se găsesc în Subcarpaţi, Podişul Moldovei precum şi în regiunile deluroase din Muntenia şi Oltenia (fig. 2.2).

Scanned with OKEN Scanner

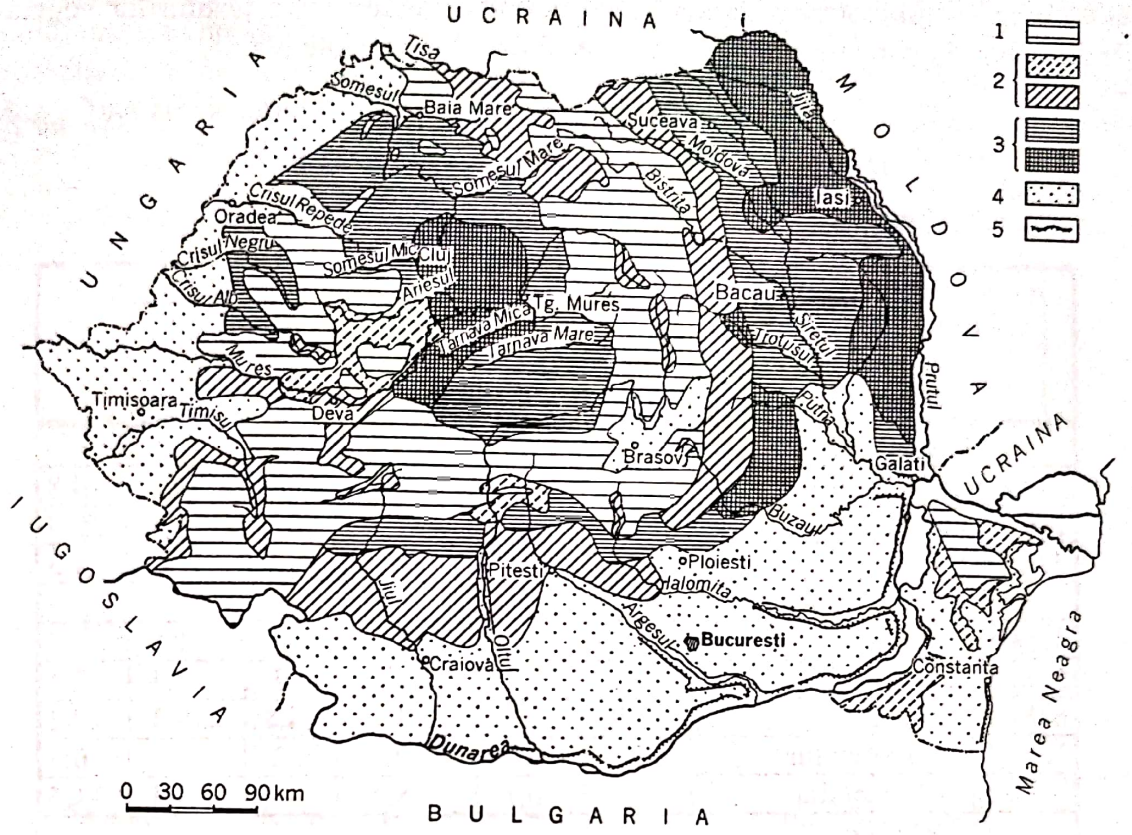


Fig. 2.2 Repartiția teritorială a condițiilor potențiale de producere a alunecărilor de teren în România (după *Tufescu V.*, 1966)

1 - zonele cele mai puțin expuse: solifluxiune, surpări, rostogoliri; 2 - zonele cu potențial mediu: alunecări moderate, surpări ş. a.; 3 - zone cu pornituri de mari proporții: alunecări maxime, curgeri de noroi ş. a.; 4 - zone cu deplasări reduse, predomină tasările (crovuri, sufoziune); 5 - povârnişuri în zona de câmpie

2.2.3 Eroziunea eoliană. Eroziunea eoliană sau eroziunea prin vânt este procesul de desprindere, transport şi depunere a particulelor de la suprafața terenului, de către masele de aer în mişcare. Se estimează că nisipurile mobile şi semimobile ocupă pe glob circa 7 % din suprafața uscatului. În fosta URSS se aflau circa 100 mil ha de nisipuri. În Asia şi Africa se întâlnesc cele mai mari suprafețe ocupate de nisipuri şi soluri nisipoase.

În România, eroziunea eoliană afectează circa 450 mii ha, cuprinzând nisipurile şi solurile nisipoase răspândite în câteva zone geografice (tab. 2.11).

Eroziunea prin vânt este influențată mult şi de activitățile umane, procesul fiind favorizat prin defrişarea pădurilor, desțelenirea pajiştilor, practicarea păşunatului abuziv, folosirea agrotehnicii neadecvate pe terenurile cultivate etc sau, dimpotrivă, poate fi diminuat prin aplicarea rațională a măsurilor şi lucrărilor care reduc energia vântului şi sporesc rezistența terenului la deflație.

Efectele negative ale eroziunii eoliene sunt variate şi complexe. Astfel, se produc înnisiparea localităților, a căilor de comunicație, a canalelor de irigație,

Scanned with OKEN Scanner

dezvelirea semințelor și dezrădăcinarea plantelor, distrugerea țesuturilor vegetale, cu deosebire la plantele tinere, acoperirea culturilor agricole etc.

Tabelul 2.11

Date privind răspândirea solurilor nisipoase (mii ha)
pe zone geografice, perimetre și folosințe
(după *Nițu I.* și colab., 2000)

Zona geografică și perimetrul	Neagricol		Folosința agricolă			Total
	Pădure	Pășune	cultivabil	Arabil, vii, livezi		
				irigat	neirigat	
I. Câmpia Olteniei						
1. Câmpia Drâncei	9,0	-	35,8	35,8	-	44,8
2. Câmpia Băileşti	11,3	7,3	25,3	22,4	2,9	43,9
3. Stânga Jiului	3,7	1,0	76,6	51,0	25,6	81,3
II. Câmpia Română						
4. Stânga Vedei	0,2	-	1,5	-	1,5	1,7
5. Sud Ialomița	0,5	0,1	2,7	1,3	1,4	3,3
6. Sud Călmățui	3,0	0,1	24,1	14,8	9,3	27,2
7. Sud Valea Siretului	-	0,1	0,2	0,2	-	0,3
8. Câmpia Tecuciului	3,0	0,1	8,4	-	8,4	11,5
III. Dobrogea						
9. Dunavăț	0,1	-	3,1	3,1	-	3,2
10. Chituc	-	5,6	-	-	-	5,6
11. Hârșova - Ciobanu	-	-	0,3	0,3	-	0,3
IV. Delta fluviomaritimă						
12. Letea	1,3	7,1	0,4	-	0,4	8,8
13. Caraorman	0,1	5,2	1,0	-	1,0	6,3
14. Sărăturile (Sf. Gheorghe)	0,1	5,7	-	-	-	5,8
V. Depresiunea Braşovului						
15. Reci	0,3	0,3	1,3	-	1,6	2,2
VI. Câmpia de Vest						
16. Câmpia Carei	3,4	4,3	14,5	-	14,5	22,2
17. Câmpia Aradului (Macea-Curtici)	-	-	0,4	-	0,4	0,4
18. Lovrin - Comlaşul Mare	-	-	3,1	-	3,1	3,1
VII. Lunci	22,0	23,0	122,0	10,0	112,0	167,0
TOTAL	58,0	60,0	321,0	139,0	182,0	439,0

2.2.4 Excesul temporar de umiditate. Condițiile optime pentru creşterea şi dezvoltarea plantelor agricole sunt asigurate dacă apa ocupă în sol până la 70 % din spațiul lacunar; peste aceste limite se manifestă excesul de umiditate. În zonele unde precipitațiile (P) depăşesc evapotranspirația (ET) se manifestă excesul de umiditate iar acolo unde ($P < ET$) se resimte deficitul de umiditate.

Scanned with OKEN Scanner

Excesul de umiditate nu se produce numai în zonele cu umiditate excedentară ci, poate apare temporar şi în zonele cu deficit de umiditate. În anul 1985, pe glob, amenajările de desecare-drenaj ocupau circa 158,4 mil ha (tab. 2.12), cu mențiunea că în China aceste amenajări cuprindeau 20 mil ha în anul 2000 (*Nicolescu C.*, 2004).

Tabelul 2.12

Suprafețele amenajate cu lucrări de irigații şi drenaje în anul 1985 (mii ha) (după *Mărăcineanu Fl.*, 1992)

Zona geografică	Suprafața				
	Agricolă (mii ha)	Irigată		Desecată	
		(mii ha)	%	(mii ha)	%
Africa	214.000	10.625	4,96	2.400	1,12
Asia fără CSI	463.000	138.279	29,86	31.800	6,87
Europa fără CSI	195.000	16.093	11,09	35.600	24,55
America Centrală şi de Nord	271.000	25.361	9,36	67.100	24,76
America de Sud	84.000	8.131	9,68	7.800	9,28
CSI + Oceania	280.000	21.823	7,80	13.700	4,89
Total	1.457.000	220.312	15,12	158.400	10,87

Tabelul 2.13

Suprafețele de teren din România, afectate de exces de umiditate la suprafață, umezite freatică sau prin inundație (după *Florea N.* şi *Munteanu I.*, 1972)

Categoria de teren	Suprafața ocupată	
	ha	% din suprafața țării
Terenuri cu exces temporar de umiditate de suprafață cauzat de apa din precipitații:		
- cu umezire excesivă prelungită	500.000	2,1
- cu umezire excesivă de durată mijlocie (din care terenuri foarte argiloase 100.000 ha)	1.300.000	5,5
- cu umezire excesivă de durată scurtă (din care terenuri foarte argiloase 350.000 ha)	800.000	3,4
- cu umezire excesivă de durată diferită (scurtă - prelungită)	1.600.000	6,7
Total	4.200.000	17,7
Terenuri cu umezire freatică:		
- cu umezire puternică - excesivă (din care terenuri foarte argiloase 100.000 ha)	800.000	3,4
- cu umezire moderată-slabă (din care cu soluri amfigleice 40.000 ha)	920.000	3,8
- cu umezire moderată-puternică, cu salinizare şi alcalinizare puternică	250.000	1,1
Total	1.970.000	8,3
Terenuri cu umezire excesivă cauzată de ape de inundație sau infiltrație	2.450.000	10,3
Total general	8.620.000	36,3

Scanned with OKEN Scanner

În România, terenurile agricole afectate de exces de umiditate provenit din precipitații reprezintă aproape 4,2 mil ha, la care se adaugă 1,97 mil ha cu umiditate freatică şi 2,45 mil ha cu umiditate în exces datorită inundațiilor şi infiltrațiilor încât, suprafața totală a terenurilor afectate de exces de umiditate poate fi considerată la aproximativ 8,62 mil ha (tab. 2.13 şi fig. 2.3).

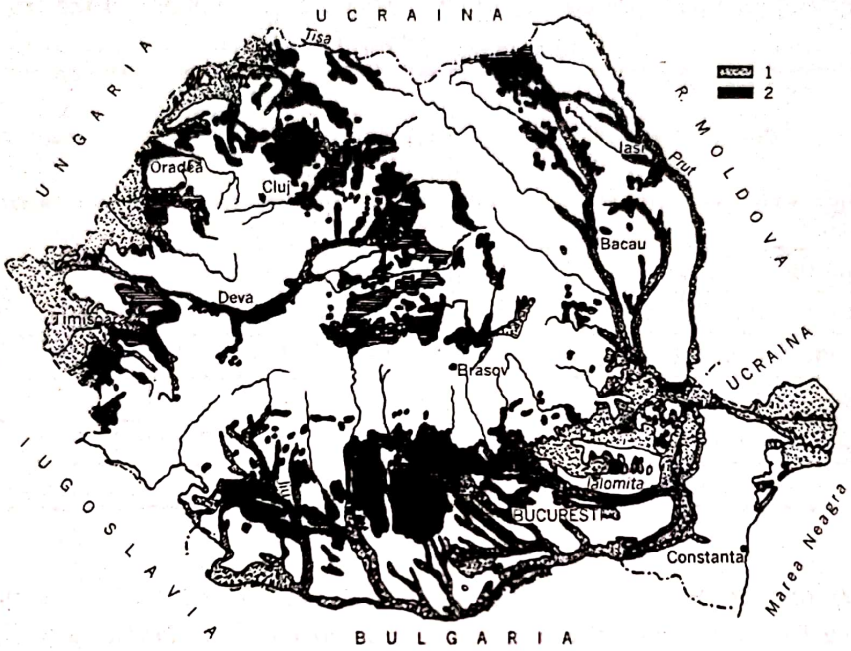


Fig. 2.3 Principalele regiuni cu exces de umiditate
1 - apă freatică la mică adâncime; 2 - apă stagnantă.

Caracteristicile climatice din țara noastră, cu fluctuații mari de precipitații pe cicluri de ani ploioşi şi secetoşi ca şi în cursul fiecărui sezon de vegetație, determină manifestarea alternativă a excesului şi deficitului.

2.2.5 Compactarea secundară a solului. Utilizarea în agricultură a diverselor categorii de tractoare şi maşini agricole pentru pregătirea solului, înființarea şi întreținerea culturilor agricole, recoltarea şi transportul recoltei a determinat, în unele zone, compactarea solului. În deceniile trecute se aprecia că în California suprafața terenurilor compactate ajunsese la 0,8 mil ha iar pagubele produse în 1964 erau estimate la 5,7 % din valoarea producției vegetale. În Suedia, pierderile de recoltă datorită compactării erau de circa 8 % (*Canarache A.* şi colab., 1984).

La noi în țară, unele terenuri arabile lucrate la umiditate nepotrivită şi circulate în mod repetat cu tractoare şi utilaje agricole au fost în mare parte compactate în stratul arat. Astfel, în Moldova şi Bucovina pe 66 % din suprafața solurilor salinizate acestea sunt puternic tasate iar 4 % din solurile aluviale sunt excesiv tasate. În Banat, Crişana şi Maramureş, 18 % din solurile brune argiloiluviale sunt excesiv tasate iar 63 % şi respectiv 65 % din vertisoluri şi sărături sunt puternic tasate. În Oltenia, Muntenia şi Dobrogea, solurile brun roşcate şi cernoziomurile

Scanned with OKEN Scanner

argiloiluviale sunt puternic tasate pe suprafața de 40 - 45 % iar pe solurile salinizate, compactarea este excesivă pe 14 % din suprafață (tab. 2.14). Se estimează că în România, 38 % din solurile arabile sunt slab - moderat compactate, 22 % puternic compactate iar 6 % excesiv compactate.

Tabelul 2.14

Repartiția terenurilor compactate secundar în stratul arat
(după *Canarache A.* şi colab., 1984)

Zona	Soluri compactate (% din arabil)		
	slab-moderat	puternic	excesiv
Moldova - Bucovina	17 - 56	4 - 66	2 - 4
Transilvania	29 - 51	3 - 46	3 - 6
Banat, Crişana, Maramureş	13 - 57	5 - 65	4 - 22
Oltenia, Muntenia, Dobrogea	6 - 50	2 - 49	1 - 22
Zona montană	6	-	-

2.2.6 Umiditatea deficitară. Pe glob, circa 55 % din suprafața uscatului primeşte o cantitate de precipitații mai mică de 500 mm anual iar datorită neuniformității regimului pluvial, aproximativ 75 % din întreaga suprafață nu beneficiază de suficientă apă pe întreaga perioadă de vegetație a plantelor agricole. Amenajările pentru irigații au sporit pe glob de la 48 mil ha în anul 1900 la circa 94 mil ha în 1950 şi 260 mil ha în anul 2000 iar în secolul XXI se preconizează extinderea suprafețelor irigate la 550 mil ha.

În zonele de deal şi câmpie din România, precipitațiile atmosferice sunt, adesea, insuficiente şi neuniform repartizate în timp şi spațiu. Aceasta duce la secete destul de frecvente, care durează 20 - 30 de zile sau în unii ani chiar 3 - 4 luni, periclitând recolta, mai ales, în sudul, sud-estul şi vestul țării. Într-o perioadă de 60 ani (1893 - 1953) au fost secetoşi, în aceste zone, 33 de ani (55 %) iar precipitațiile torențiale, valorificate în mică măsură de plantele agricole, reprezintă 70 - 80 % din total. Ploile reduse cantitativ (5 mm), care nu pot întrerupe perioada de secetă, însumează 25 - 30 % din totalul precipitațiilor căzute (*Blidaru V.* şi colab., 1997). De aceea, irigarea culturilor devine necesară pe o suprafață de 3,9 mil ha, pe lângă amenajările existente (*Răuță C.* şi colab., 1997).

2.2.7 Excesul de săruri. La Conferința Națiunilor Unite pentru Mediu şi Dezvoltare, desfăşurată la Rio de Janeiro în anul 1998, se arăta că pe glob, 5,16 mil ha de teren agricol se află în zone aride, unde raportul între precipitații şi evapotranspirație variază între 0,05 - 0,65 iar 69 % din aceste suprafețe se află în diferite stadii de salinizare (tab. 2.15).

Pe cuprinsul României, solurile cu un conținut ridicat în săruri sunt răspândite în partea de sud-est a țării, în Podişul Transilvaniei şi Câmpia Tisei (fig. 2.4). Suprafețele ocupate de aceste soluri în diferite zone din țară este de circa 600.000 ha, din care 400.000 ha sunt utilizate ca arabil. Solurile moderat salinizate ocupă aproximativ 110.000 ha, cele puternic salinizate 330.000 ha iar cele foarte puternic salinizate, în jur de 81.000 ha (*Răuță C.*, 1997). În luncile râurilor din România se

Scanned with OKEN Scanner

găsesc aproximativ 2,4 mil ha soluri aluviale şi aluviuni iar degradarea lor prin salinizare a cuprins peste 200 mii ha.

Tabelul 2.15

Terenuri agricole degradate prin salinizare în zone aride

Continentul	Terenuri agricole în zone aride		
	Total (ha)	Degradate	
		ha	%
Africa	1.431.590	1.045.800	73,1
Asia	1.881.400	1.341.700	71,3
Australia	701.200	375.900	53,6
Europa	145.500	94.200	64,8
America de Nord	578.100	428.600	74,1
America de Sud	420.600	305.800	72,7
Total	5.159.600	3.562.200	69,0

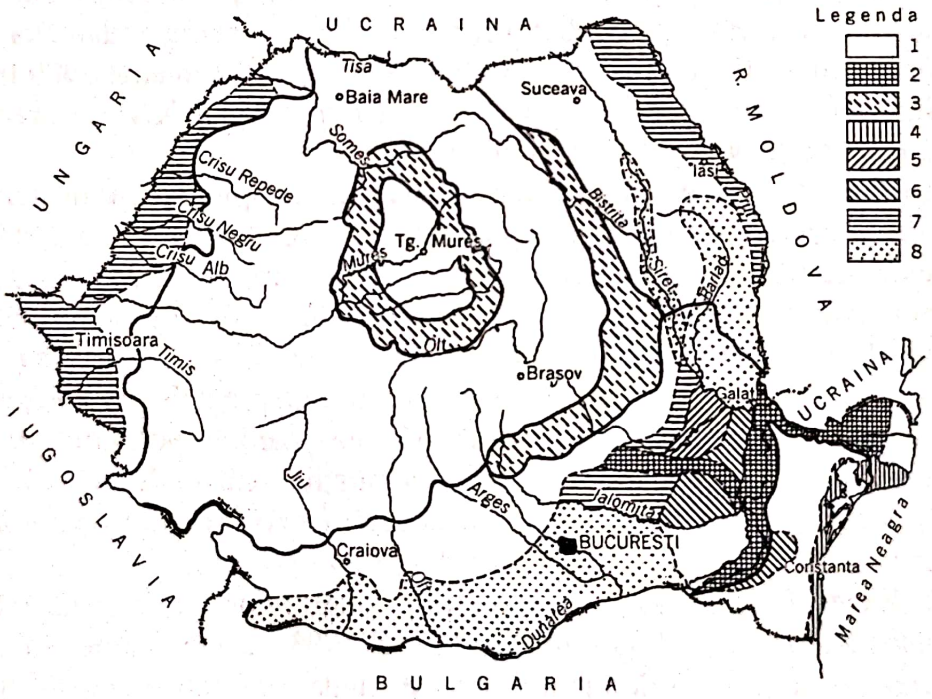


Fig. 2.4 Răspândirea solurilor saline şi alcalice pe teritoriul României (după *Florea N.* şi *Măianu Al.*, 1972)
1 - zone fără potenţial de salinizare; 2 - salinizareha variabilă; 3 - apariţii locale de soluri saline şi alcalice; 4 - salinizare predominant clorurică; 5 - cloruro-sulfatică; 6 - sulfato-clorurică; - sulfato-bicarbonatică; 8 - bicarbonatică.

2.2.7.1 Salinizarea secundară. Salinizarea secundară a solului se produce pe terenurile cu apa freatică situată la adâncime critică şi este determinată de

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.16

Suprafaţa irigată afectată de salinizare între anii 1974 - 1984 (după *Ramade F.* et al., 1989)

Ţara	Suprafaţa (mii ha)	
	irigată	salinizată
Algeria	298	15
Egipt	2.474	40
Senegal	171	15
Sudan	1.700	20
SUA	19.831	25
China	45.420	15
India	39.700	27
Iran	5.730	30
Irak	1.750	50
Pakistan	15.320	40
Spania	3.145	15

ascensiunea capilară a apei încărcate cu săruri, evaporarea acesteia şi acumularea sărurilor în straturile superficiale ale solului. Pe terenurile irigate, amenajate şi/sau exploatate necorespunzător, se produce adesea salinizarea secundară a solului. În perioada 1974 - 1984, terenurile amenajate pentru irigaţii în Irak, Pakistan, Egipt etc erau salinizate în procent de 15 - 50 % (tab. 2.16). În România, suprafeţele de teren amenajate pentru irigaţie până în anul 1982 erau ameninţate de sărăturare în proporţie de 25,4 % (*Canarache A.* şi colab., 1986).

2.2.8 Poluarea cu îngrăşăminte şi pesticide. Numeroasele sortimente de îngrăşăminte şi pesticide contribuie în mod evident la sporirea cantităţii şi ameliorarea calităţii recoltelor. Se estimează că sporirea producţiei cerealelor, pe plan mondial, de la 400 milioane tone în anul 1900 la 1,9 miliarde tone în 1998 se datorează în proporţie de 40 % îngrăşămintelor. Consumul mondial de îngrăşăminte a crescut de la 14 milioane tone în anul 1950 la circa 130 milioane tone în anul 1998 (*Brown L. R.*, 1999).

Cele circa 10.000 specii de insecte dăunătoare, 600 specii de buruieni şi aproximativ 1.500 boli ar compromite recolta dacă nu s-ar folosi insecticide, erbicide, fungicide dar, în unele zone s-a ajuns, în mod regretabil, la poluarea mediului. Îngrăşămintele, şi în special pesticidele, au produs, în unele cazuri, grave perturbări în metabolismul biochimic al solului. Microflora şi fauna din sol, care asigură mineralizarea substanţei organice, înlesnesc nutriţia plantelor şi participă la realizarea circuitului general al materiei, au fost parţial distruse de îngrăşăminte şi, mai ales, de erbicidele pentru care lipseau enzimele necesare degradării lor. Precipitaţiile abundente şi apa de irigare au antrenat, în unele cazuri, reziduuri ale diferitelor pesticide şi le-au deplasat de pe terenurile agricole în râuri, mări şi oceane, ajungând până şi în organismul pinguinilor din zona polară. Se estimează că după aplicarea unor tratamente fitosanitare, la suprafaţa solului de pe versante, primele ploi căzute pot antrena 60 - 80 % din pesticidele folosite (*Grosclaude G.*, 1999). După datele publicate de *OMS*, între 400.000 şi 2.000.000 de oameni suferă anual pe glob de boli determinate de pesticide (*Barthier A. L.*, 1991). Accidentele care s-au produs la fabricile de pesticide, cum a fost cel din India (1984), au omorât mii de oameni într-o singură zi. Daunele produse de pesticide se datorează toxicităţii lor dar şi îndelungatei perioade de persistenţă în sol (tab. 2.17). Preparatul DDT inhibă dezvoltarea râmelor în sol (tab. 2.18). Erbicidele folosite la combaterea buruienilor din culturile de grâu în judeţul Iaşi au omorât în anul 2003

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.17

Remanența unor pesticide în mediul înconjurător (după Briggs, citat de *Eliade Gh.* şi colab., 1991)

Pesticidul	Timp de înjumătățire (săptămâni)
Diclorfention	32
Tricloronat	20
Clorfenvinfos	18
Bromofos	5
Diazinon	3
Mecarbam	2
Dimetoat	1
DDT	150
Dieldrin	130
Lindan	60
Clordan	560
Heptaclor	40
Heptaclor expoxid	35
Aldrin	15
Izobenzan	20

peste 400 familii de albine. Determinări efectuate la Institutul de Cercetări Alimentare au arătat că unele probe de grâu din recolta anului 1990, din județul Ialomița, conțineau reziduuri de la erbicidele triazinice în concentrații care depăşeau de la 2 până la de 60 de ori limitele admisibile. Cercetându-se efectul diferitelor pesticide asupra plantelor s-a constatat că cele cloroorganice inhibă transmiterea informației între celule, deranjează permeabilitatea biomembranelor, influențează negativ biosinteza acizilor graşi, a carotenoidelor şi clorofilei (*Ionescu Al.* şi colab., 1994). În general, consumul de pesticide trebuie redus cât mai mult, diminuarea pierderilor de recoltă fiind posibilă şi prin aplicarea unui sistem integrat de prevenire şi combatere a bolilor, dăunătorilor şi buruienilor. Soiurile de plante modificate genetic, care se extind în cultură în ultimii ani, sunt rezistente la unele boli şi dăunători astfel încât cantitatea de pesticide poate fi redusă.

Tabelul 2.18

Efectul DDT asupra râmei *Allobophora calyginosa* (după *Eliade Gh.* şi colab., 1991)

DDT în sol (ppm)	% creştere a râmelor în 6 luni	% râme adulte	coconi/râme
35	43	25	1,8
6	40	62	4,0
2	58	38	4,0
0	116	93	3,9

Îngrăşămintele cu azot, care sunt uşor solubile, se folosesc, în general, în doze mai mari decât cele fosfatice şi au produs adesea poluarea solului, a apei freatice, a unor râuri sau lacuri. Legumele cultivate în câmp acumulează mai mulți nitrați decât cele din spații protejate şi unele specii au capacitate mare de metabolizare a nitraților (tab. 2.19). Se estimează că aproximativ o treime din cantitatea totală de îngrăşăminte care se aplică pe terenurile agricole sunt levigate, ajungând în râuri, lacuri şi mări.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.19

Clasificarea legumelor după conținutul în nitrați (ppm)
(după *Lăcătuş V.* şi colab., 1997)

< 200	< 500	< 1000	< 2500
Ardei gras	Broccoli	Dovleac	Andive
Cartof	Castraveți	Fasole	Bame
Cicoare	Ceapă	urcătoare	Creson
Ciuperci	Conopidă	Morcov	Gulie
Fasole	Dovlecei	Pătrunjel	Praz
Mazăre	Mărar	Varză albă	Revent
Tomate	Pepene	Varză	Sfeclă roşie
Sparanghel	Vinete	roşie	Țelină
Usturoi			Ridiche
Varză de Bruxelles			Salată
			Spanac

Cercetări efectuate în Franța în perioada 1986 - 1988 au arătat că pe sol argilos, 40 - 70 % din nitrați au fost levigați din straturile superficiale ale solului (0 - 60 cm) în adâncime iar pe sol nisipos 60 - 90 % (*Zalliox L.*et al., 1990). Dozele mari de îngrăşăminte cu azot determină acumularea de nitrați în unele legume, în cantitate de două, trei ori mai mare decât limita admisă (tab. 2.20). *OMS* admite consumul maxim de 5 mg nitrat şi 0,2 mg nitrit pentru fiecare kg greutate corporală, exprimate în KNO_3 şi respectiv $NaNO_2$.

Tabelul 2.20

Domenii de variație a concentrației de nitrați şi limitele maxime admise (ppm) pentru legumele cultivate în spații protejate (după *Lăcătuş V.* şi *Voican V.*, 2001)

Specia	Domeniul de variație	Limita maximă admisă
Ardei gras	200 - 500	400
Castraveți	10 - 1000	400
Ceapă verde	100 - 840	600
Conopidă	250 - 850	400
Dovlecei	1000	500
Fasole verde	400 - 950	200
Gulioare	650 - 3900	1500
Pătlăgele vinete	700	250
Ridichi de lună	900 - 13000	600
Salată	1500 - 6600	3000
Spanac	2600 - 4900	2000
Țelină de pețiol	170 - 6800	-
Țelină rădăcină	800 - 1000	-
Usturoi verde	-	2500
Varză albă	200 - 1800	900

Scanned with OKEN Scanner

Azotații, odată ajunşi cu apa şi alte elemente în organismul uman sau animal se transformă în azotiți (nitriți) care se combină cu hemoglobina formând methemoglobina. Acest compus nu permite fixarea oxigenului în sânge la nivelul alveolelor pulmonare şi nu se realizează oxigenarea țesuturilor din întregul organism. Prin combinarea nitriților cu o substanță nitrozabilă (amine primare şi secundare, unii aminoacizi) se formează nitrozaminele care au efecte toxice (mutagene, teratogene, cancerigene). La analiza apelor unor râuri din Canada, SUA şi câteva țări europene s-au înregistrat, în deceniile trecute, până la 76,7 mg/l nitrați. La noi în țară, după evaluările făcute în anul 2000, unele râuri aveau apa poluată cu nitrați şi alte impurități pe lungimi ce variau de la 1,3 % la râul Argeş, la 25,3 % la râul Prut.

Calculându-se bilanțul azotului din sol, în anul 1982, în regiunea Bretagne din Franța s-a constatat un surplus anual de 94.000 t (*Grosclaude G.*, 1999).

Îngrăşămintele fosfatice împreună cu cele azotate, levigate şi antrenate de ape pe versante împreună cu particulele de sol, ajung în lacuri şi bălți, provocând eutrofizarea lor şi colmatarea. Sărurile minerale nutritive acumulate în cantități mari determină proliferarea algelor în stratul de la suprafață, reduc transparența apei, intensifică fotosinteza la plantele acvatice şi diminuează conținutul de oxigen al apei. Se ajunge astfel, de la eutrofizare slabă (lacuri oligotrofe) la eutrofizare medie şi mare (lacuri mezotrofe şi eutrofe), precum şi la fenomene de fermentație anaerobă, cu degajare de hidrogen sulfurat, metan şi amoniac, formându-se mlaştini generatoare de turbă.

Pentru a reduce daunele produse de excesul de îngrăşăminte, în Uniunea Europeană s-a hotărât, prin Legea nr. 2078 din 1999, limitarea dozei de îngrăşăminte cu azot la 170 kg/ha·an iar a celor fosfatice la 175 kg/ha·an.

2.2.9 Poluarea cu metale grele

Pe lângă azot, fosfor şi potasiu, în sol se acumulează, uneori în cantități relativ mari, şi alte elemente cum ar fi: cupru, crom, plumb, cadmiu, mercur, nichel, arsen, zinc, cobalt şi altele. Cele cu densitatea peste 5 g/cm^3 poartă numele de metale grele şi în mod greşit sunt considerate toate toxice. Unele dintre aceste metale, cum ar fi: cuprul, zincul, molibdenul, cobaltul, manganul, fierul, au importanță biologică pozitivă, de mult timp dovedită. Câteva dintre acestea se încadrează în grupa microelementelor dar aceasta se referă la concentrația lor în sol, îngrăşăminte, produse vegetale etc. Rezultă deci că toxicitatea metalelor grele depinde de concentrația lor în sol şi plantă (tab. 2.21). În România există zone cu soluri sărace în iod, fluor, cobalt, molibden etc şi sunt recomandabile îngrăşăminte care conțin aceste elemente. Există însă pericolul depăşirii nivelului concentrației nenocive. Se consideră foarte toxice argintul, beriliul, mercurul, staniul, cobaltul, nichelul, cromul şi plumbul, care au acțiune nocivă în concentrație până la 1 mg/l. Mai puțin toxice sunt arsenul, seleniul, aluminiul, bariul, cadmiul, cromul, fierul, manganul, zincul etc, care au acțiune de inhibiție la concentrații cuprinse între 1 şi 100 mg/l. Elementele slab toxice (clor, brom, iod, calciu, magneziu, potasiu, sodiu, rubiniu, stronțiu, litiu, azot, sulf etc) au efect negativ la concentrații de peste 1800 mg/l. Toxicitatea diferitelor elemente depinde însă şi de compuşii chimici care se

Scanned with OKEN Scanner

formează. Astfel, sulfatul şi azotatul de plumb acţionează în mod asemănător asupra plantelor de lucernă iar nitraţii de cadmiu şi nichel sunt mai toxici decât sulfaţii (tab. 2.22). S-a observat că toxicitatea metalelor multivalente depinde şi de valenţa lor. Cromul hexavalent este mai toxic decât cel trivalent.

Tabelul 2.21

Limitele de concentraţie (ppm) ale unor substanţe poluante din sol (după *Rojanschi V.*, 1997)

Substanţa poluantă	Concentraţia		Substanţa poluantă	Concentraţia	
	Normală	LMA *		Normală	LMA *
Metale			Compuşi aromatici		
Arsen	5	20	Benzen	0,01	0,5
Bariu	100	400	Etilbenzen	0,05	5
Cadmiu	1	3	Toluen	0,05	3
Cobalt	15	30	Xilen	0,05	5
Crom	30	100	Fenoli	0,02	1
Cupru	20	100	Aromatici (total)	0,1	7
Mercur	0,1	2	Compuşi aromatici policiclici		
Molibden	2	10	Naftalen	0,1	5
Mangan	900	1500	Antracen	0,1	10
Nichel	20	50	Fenantren	0,1	5
Plumb	20	100	Fluoranten	0,1	10
Staniu	20	50	Oiren	0,1	10
Zinc	100	300	Benzoapiren	0,05	1
Argint	2	20	Total compuşi aromatici policiclici	1	20
Seleniu	1	3	Compuşi organici clorinaţi		
Stibiu	2	50	Compuşi alifatici clorinaţi	0,1	5
Poluanţi organici			Clorbenzen	0,05	1
Fluor	50	200	Clorfenoli	0,05	0,5
Brom	10	50	Compuşi aromatici policiclici clorinaţi	0,05	1
Pesticide			Bifenil policlorinate	0,05	1
Organoclorurate	0,01	0,1	Alţi poluanţi		
Triazin	0,01	0,1	Reziduuri petroliere	100	1000

* Limita maxim admisă

Diferitele elemente care se găsesc în sol pot proveni din rocile de formare a solului, din unele îngrăşăminte, cum ar fi superfosfatul care, conţine 66 - 243 ppm crom, 50 - 170 ppm cadmiu etc, din unele deşeuri şi nămoluri industriale. Ploile pot aduce pe sol metale grele provenite din aerul poluat din preajma unor întreprinderi industriale sau din vecinătatea şoselelor intens circulate. La arderea unui litru de benzină în motoarele cu ardere internă se elimină în atmosferă, circa 400 g hidrocarburi, 23 g oxizi de azot, 1 g tetraetil de plumb precum şi oxid şi bioxid de carbon. Anual, se distribuie aproximativ 6 milioane tone carburanţi nearşi, proveniţi de la avioane şi vehicule terestre.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2. 22

Influența azotaților și sulfaților de plumb, cadmiu și nichel asupra formării substanței uscate la lucernă și concentrația de metale din plantă (după *Nițu I.* și colab., 1990)

Varianta (concentrația azotaților - ppm)	Conținut s. u. (g/vas)	Concentrația metalelor în s. u. (ppm)	Conținut s. u. (g/vas)	Concentrația metalelor în s. u. (ppm)
	$Pb(NO_3)_2$		$PbSO_4$	
0	11,1	17,0	14,5	15,6
5	11,9	25,3	11,1	26,8
50	12,4	44,1	10,8	30,3
125	12,3	58,2	9,1	57,5
250	13,5	65,0	11,9	45,6
	$Cd(NO_3)2$		$CdSO_4$	
0	10,1	1,0	14,0	3,1
5	7,5	3,4	12,1	2,6
50	10,2	40,3	13,5	19,9
125	8,5	171,6	10,7	36,0
250	5,4	1813,5	5,3	365,0
	$Ni(NO_3)_2$		$NiSO_4$	
0	12,7	8,2	12,0	5,5
5	11,5	11,6	12,3	10,2
50	11,6	32,3	11,9	27,0
125	11,4	47,4	9,9	75,0
250	5,1	1065,0	2,6	2446,7

Poluarea solului cu metale grele este periculoasă pentru că reduce numărul bacteriilor folositoare, cum ar fi Azotobacter și altele (tab. 2.23). Tot datorită metalelor grele se reduce producția de boabe, tulpini și frunze la diferite plante de cultură (tab. 2.24) și apare posibilitatea de transfer a acestor poluanți metalici în organismul uman sau animal, prin trecerea lor în plantele de lucernă, fructele tomatelor, rădăcinile de morcov, tuberculii de cartof etc (tab. 2.25).

Cuprul și mercurul, în concentrații toxice, au inhibat activitatea fermenților. Mercurul, cuprul, plumbul, cadmiul și argintul au inhibat fosfataza, catalaza, oxadaza și ribonucleaza. Aurul, cadmiul și cuprul au determinat, uneori, ruperea membranelor celulare. Acumularea progresivă a unor metale grele în terenurile agricole poate determina așadar, deprecierea calității produselor vegetale.

Din punct de vedere al acumulării micropoluanților metalici în plante, acestea se pot împărți în patru grupe: cu capacitate de acumulare puternică, medie, slabă sau foarte slabă. Din prima grupă fac parte, varza și salata, din a doua grupă porumbul și sfecla iar din ultimele două grape cerealele, cartoful ș.a. Legumele cultivate pe teren fertilizat cu nămol care conținea 790 ppm *Cu*, 2920 ppm *Zn*, 22 ppm Cd și 408 ppm *Pb* au acumulat în părțile comestibile cantitățile de metale menționate în tabelul 2.26.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.23

Influența unor poluanți anorganici asupra unor grupe ecologice de microorganisme dintr-un cernoziom cambic (după *Bularda- Drăgan*, 2001)

Substanța poluantă	Concentrația (g/100 g sol)	Bacterii heterotrofe aerobe (x 10^6)	Bacterii amonificatoatre	Bacterii nitrificatoare	Azotobater (unități formatoare de colonii)
$Pb(CH_3COO)_2$	0,001	120	60 x 10^4	10.000	40
	0,01	80	25 x 10^4	5.000	25
	0,1	10	9 x 10^4	1.000	10
$CoSO_4$	0,001	120	10 x 10^5	19.000	150
	0,01	92	60 x 10^4	9.000	110
	0,1	35	30 x 10^4	3.000	35
$NiSO_4$	0,001	150	25 x 10^5	20.000	200
	0,01	90	90 x 10^4	18.000	160
	0,1	75	15 x 10^4	10.000	80
$CuSO_4$	0,001	240	38 x 10^5	45.000	450
	0,01	230	29 x 10^5	38.000	400
	0,1	222	3 x 10^5	10.000	380
Cr	0,001	140	20 x 10^5	9.000	120
	0,01	120	70 x 10^4	7.000	90
	0,1	28	20 x 10^4	2.000	25
$ZnCl_2$	0,001	200	21 x 10^5	15.000	100
	0,01	185	8 x 10^5	8.000	80
	0,1	135	29 x 10^4	3.000	30

Tabelul 2.24

Modificarea greutății părților aeriene ale unor plante sub acțiunea unor metale grele în diferite concentrații (g s. u. g/vas) (după *Nițu I.* și colab., 1990)

Concentrația de metale (ppm)		Plop negru		Ovăz		Porumb		Iarbă	Salată	Spanac	Bob franțuzesc	
		frunze	tulpini	boabe	paie	știuleți	tulpini				boabe	frunze
Martor		101	76	54	57	133	88	50	23	13,7	44	30
Cadmiu	100	99	77	56	60	128	98	49	24	8,2	42	28
	200	88	64	55	60	120	99	48	22	4,9	43	27
	300	79	53	58	59	109	72	44	20	4,3	39	26
Cupru	500	91	64	55	58	126	86	49	22	11,2	46	30
	1000	75	57	52	54	141	70	47	23	7,4	41	30
	1500	76	46	41	47	133	88	44	22	5,5	39	29
Nichel	250	84	56	60	59	124	88	51	21	120,0	37	25
	500	92	57	54	56	127	83	46	23	8,7	23	29
	750	36	17	28	41	133	90	36	6	2,0	4	9
Zinc	100	90	59	57	57	133	83	49	21	12,6	40	26
	2000	43	20	63	65	122	91	45	18	10,1	40	24
	3000	6	4	60	70	131	78	40	16	9,0	38	24

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.25

Conținutul în cupru, zinc, molibden în sol și plantă (ppm din substanța uscată) (după *Kloke A.*, 1978)

Metale	Sol		Plantă (partea comestibilă)		
	Total	Mobil	Tomate	Morcovi	Cartofi
Cupru	13	9	3,5	7,4	6,0
	306	247	5,4	9,8	12,0
Zinc	42	20	21	2,7	14,0
	182	151	27	5,0	23,0
Molibden	0,3	0,04	0,35	0,53	1,34
	6,3	4,10	13,33	21,76	15,29

Tabelul 2.26

Conținutul de metale în plante tratate cu nămol de la ape uzate (mg/kg s.u.) (după *Zwarich,* citat de *Nițu I.* și colab., 1990)

Doza de nămol (t/ha)	Cu	Zn	Cd	Pb
Salată				
Martor	5,6	35	1,4	1,6
55	7,8	135	1,7	1,6
110	8,7	181	2,4	1.6
220	12,8	320	4,3	1,4
Morcov				
Martor	3,6	11	0,24	0,9
55	5,5	35	0,51	0,2
110	6,7	43	0,54	0,2
220	7,5	53	0,89	0,3
Mazăre (boabe)				
Martor	5,3	33	0,01	0,2
55	8,4	52	0,01	0,2
110	8,9	61	0,02	0,2
220	9,5	67	0,03	0,2

Cercetările făcute cu privire la concentrarea ionilor metalici în diferite organe ale plantelor au demonstrat că aceştia se localizează mai mult în frunze şi tulpini şi mai puțin în fructe şi tuberculi. Astfel, s-au găsit concentrații de 27 ppm plumb în frunze şi 8 ppm în boabele de fasole, cultivată pe un sol cu 800 ppm plumb şi 41 ppm plumb în paie şi 6,7 ppm în boabele de secară, cultivată pe un teren cu 3.980 ppm plumb. La grâu, cele mai mici cantități de plumb s-au acumulat în boabe iar cele mai mari în rădăcini (tab. 2.27). Cadmiul şi fluorul se acumulează, de asemenea, mai mult în frunze (tab. 2.28). Plumbul acumulat în sol în cantități de peste 100 ppm reduce procesele de oxidare şi fotosinteză, limitează absorbția apei şi frânează creşterea. La un conținut al solului de 250 ppm plumb, recolta de orz s-a redus cu 20 % iar la 400 - 600 ppm, creşterea plantelor a fost cu totul inhibată. La animalele hrănite cu furaje ce conțin peste 3 ppm plumb, acest element se

Scanned with OKEN Scanner

acumulează în mod progresiv în țesuturi, devenind toxic, în special, pentru rumegătoare. În alimente, cantitatea admisibilă este de 0,01 -1,0 ppm. Ajuns în exces în organismul omenesc, plumbul poate produce encefalopatii saturnice, degenerarea nervilor periferici, scleroză pulmonară, hipertrofie cardiacă, ficat icteric sau rinichi sclerozat (*Ionescu A.*, 1982). La noi în țară, în zona Bucureşti, s-au găsit concentrații de 287,5 ppm plumb în frunze şi 43 ppm în tulpinile de porumb. În zona Baia Mare, s-au înregistrat 386 ppm plumb în frunze, 37 ppm în pănuşi şi 6 ppm plumb în boabele de porumb sau 708 ppm în frunzele de cartof şi 22 ppm în tuberculi (*Răuță C.* şi colab., 1983). Plantele de grâu, în faza de înfrățire şi coacere, acumulează cele mai mari cantități de plumb în rădăcini *(Opriş T.*, 1987).

Tabelul 2.27

Conținutul de plumb în diferite organe ale plantelor de grâu (mg/kg s.u.)
(după *Garmaş*, citat de *Nițu I.* şi colab, 1990)

Conținutul de plumb (ppm)	Faza de înfrățire		Faza de coacere		
	frunze	rădăcini	boabe	paie	rădăcini
0	2,6	8,2	0,5	3,3	6,6
25	7,6	315,2	0,7	7,2	431,5
50	11,2	421,2	0,7	10,5	2228,6
100	24,0	428,1	0,6	10,5	1843,0
200	28,2	3584,5	0,8	16,9	11107,0

Tabelul 2.28

Conținutul de cadmiu, fluor şi plumb în sol şi plante (ppm s.u.)
(după *Kloke A.*, 1978)

Elemente	Sol (conținut total)	Fasole		Secară	
		frunze	boabe	frunze	boabe
Cd	63	4,5	2,5	5,3	0,6
	300	13,1	2,9	10,2	1,9
F	126			6,5	0,3
	450			7,3	0,4
	1.062			8,7	0,4
Pb	800	27,0	8,0	9,0	0,9
	3.980	159,0	13,0	41,0	6,7

Experiențe organizate pe un sol lutos, la care s-a aplicat 1000 ppm plumb şi 10 ppm cadmiu, au arătat că cele două metale s-au acumulat, în special, în rădăcinile plantelor de tomate, cartof, varză, morcov şi ridichi (tab. 2.29).

Cuprul ajuns în sol în cantități mai mari de 100 ppm devine toxic pentru cele mai multe specii de plante iar furajele bogate în cupru sunt dăunătoare, în special, pentru oi. În alimente, cuprul nu trebuie să depăşească concentrația de 3 ppm. Poluarea solului cu acest element reduce stabilitatea agregatelor, mărind pericolul de eroziune si compactare. În plante, cuprul în exces reduce intensitatea respirației,

Scanned with OKEN Scanner

frânează procesul de formare a clorofilei şi activitatea unor fermenţi. La ovăz, conţinutul toxic este de 10 - 12 ppm iar la trifoiul roşu de 18 - 19 ppm. La noi în ţară, în zona Baia Mare, pe sol poluat, cuprul s-a acumulat în plantele de porumb în cantităţi de 270,8 ppm în frunze şi 7 ppm în boabe iar la cartof 266 ppm în frunze şi 15,8 ppm în tuberculi (*Răuţă C.* şi colab., 1983). Dintre animale, oile sunt foarte sensibile la un conţinut al furajelor de 12 -13 ppm cupru din substanţa uscată.

Tabelul 2.29

Conţinut de plumb şi cadmiu în diferite organe ale unor legume (ppm/s.u.)
(după *Garmaş*, citat de *Niţu I.* şi colab, 1990)

Cultura	Plumb				Cadmiu			
	rădăcini	tulpini	frunze	parte comestibilă	rădăcini	tulpini	frunze	parte comestibilă
Tomate*	5,9	3,7	8,7	1,6	0,92	0,83	0,93	0,16
Tomate	167,8	33,5	33,3	1,6	16,95	1,96	11,07	0,40
Cartof*	5,0	3,1	0,8	1,0	0,45	0,61	0,61	0,08
Cartof	352,0	29,0	3,3	55,0	7,20	8,60	8,60	0,50
Varză*	2,1	-	3,8	1,9	-	-	-	-
Varză	281,5	-	4,9	2,0	-	-	-	-
Morcov*	5,7	-	2,9	0,8	1,44	-	0,43	0,15
Morcov	588,7	-	2,3	11,1	111,35	-	13,37	1,40
Ridichi*	5,8	-	2,9	1,5	0,09	-	0,48	0,35
Ridichi	287,0	-	10,7	26,3	25,75	-	3,14	1,40

* - martor cu 20,8 ppm *Pb* şi 1,4 ppm *Cd* în sol

Cadmiul este unul dintre metalele grele cele mai toxice, atât pentru om cât şi pentru animale. În sol, acest element nu trebuie să depăşească cantitativ 3 ppm iar fosfaţii de Kola, folosiţi ca îngrăşământ, nu trebuie să conţină mai mult de 0,1 mg/kg cadmiu. Ajuns în sol în exces, acest element blochează unele procese biologice cum ar fi: amonificarea, denitrificarea etc. În plus, acţionează ca antagonist al zincului şi produce grave perturbări metabolice. S-au dovedit sensibile la excesul de cadmiu soia, salata şi spanacul. Mai puţin sensibile sunt tomatele şi varza iar rezistente, orezul, trifoiul ş.a. Fasolea este de 10 - 15 ori mai sensibilă decât porumbul la excesul de cadmiu (*Răuţă C.* şi colab., 1983). Plantele de orz îşi reduc la jumătate masa vegetativă în soluţii de 10 mg/l *Cd*. Ajuns în bobul de orez în cantităţi de peste 0,4 ppm, acest element poate produce decalcifierea organismului uman. Pe teren poluat cu cadmiu în zona Copşa Mică, acest element a trecut din sol în plantă, apoi în organismul bovinelor şi în lapte (tab. 2.30).

În apropierea întreprinderilor Neferal şi Acumulatorul din Bucureşti, conţinutul solului în cupru, plumb şi zinc a sporit de 5 - 10 ori (tab. 2.31), datorită emisiilor purtate de vânt sau ploi. Terenurile din apropierea localităţii Baia Mare au un conţinut ridicat în metale grele provenite de la întreprinderile din zonă (tab. 2.32).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.30

Circuitul cadmiului (mg/kg) în sistemul sol - plantă - animal în timpul păşunatului (după *Lăcătuşu R.* şi colab., 1997)

Specificaţie		Zonă nepoluată	Zonă poluată (Copşa Mică)
Sol		0,08 - 1,50	6,9 - 2,8
Plantă		0,2 - 0,3	5,6-4,7
Bovine	ficat	0,11	0,96
	rinichi	0,36	7,16
	oase	0,14	1,70
	lapte	< 0,01	1,70

Tabelul 2.31

Conţinutul de *Cu*, *Pb* şi *Zn* în solurile din jurul întreprinderilor Neferal şi Acumulatorul (după *Răuţă C.* şi colab., 1983)

Elemente	Conţinutul în sol înainte de poluare (ppm)	Conţinutul în solurile poluate (ppm) la distanţă de:		
		sub 200 m	200 - 700 m	peste 700 m
Cupru	20	60 - 113	42 - 50	30 - 45
Plumb	12	208 - 975	100 - 155	43 - 84
Zinc	50 - 70	170 - 500	125 - 150	80 - 105

Agenţii poluanţi din atmosferă se acumulează, mai ales, în preajma surselor de poluare şi dacă emisiile respective se elimină prin coşuri înalte, poluarea se reduce ca intensitate dar se întinde pe suprafeţe mai mari. Din arderea diferiţilor carburanţi în motoarele autovehiculelor rezultă cantităţi mari de oxid şi dioxid de carbon şi de sulf şi, mai ales, plumb, provenit de la tetraetilul şi tetrametilul de plumb introdus în benzină. Aceste substanţe, antrenate de curenţii de aer şi picăturile de ploaie, poluează solul şi recolta plantelor cultivate în vecinătatea şoselelor (tab. 2.33).

Mercurul se găseşte, în mod obişnuit, în cantităţi de 0,01 ppm în sol, limita tolerabilă fiind considerată la 2 ppm. Prin aplicarea pesticidelor care conţin mercur, solul se poate îmbogăţi în acest element deoarece humusul şi argila absorb intens fenilacetatul de mercur dar mai puţin sulfura de mercur. La concentraţii de peste 50 ppm în sol se produce dereglarea proceselor de creştere a plantelor. Mercurul frânează procesele metabolice din sol şi se acumulează sub formă de metilat de mercur în produsele vegetale, fiind foarte toxic pentru organismul uman sau animal. În alimente, conţinutul de mercur nu trebuie să depăşească 0,05 ppm.

Nichelul se acumulează în sol în cantităţi variabile dar limita admisibilă este de 50 ppm. Pentru plantele de orez este toxică cantitatea de 100 ppm (*Ni* mobil) şi, în general, nichelul este de circa 8 ori mai toxic pentru plante decât zincul (*Răuţă C.* şi colab., 1997).

Arsenul stânjeneşte creşterea şi dezvoltarea plantelor atunci când se găseşte în sol în concentraţii de peste 20 ppm. Ajuns în plantă şi apoi în organismul uman, acest element este foarte toxic.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.32

Dinamica concentrației metalelor grele in sol și plante (*Agrostis tennis*) în zona Baia Mare (după *Răuță C.* și colab., 1997)

Elementul	Perioada (anul)	Sol (media)	Plante	
			Anul	Media
Plumb	1987-1990	991	1988	98
	1992	749	1989	124
	1993	397	1990	62
	1996	910	1993	222
			1996	249
Cupru	1987-1990	191	1988	84
	1992	113	1989	70
	1993	76	1990	24
	1996	138	1993	142
			1996	108
Zinc	1987-1990	294	1988	108
	1992	224	1989	261
	1993	134	1990	66
	1996	196	1993	119
			1996	115
Cadmiu	1993	1,6	1988	3,9
	1996	3,0	1989	1,4
			1990	1,4
			1993	2,5
			1996	4,3

LMA (ppm): *Pb* - 100, *Cu* - 100; *Zn* - 300; *Cd* - 3.

Tabelul 2.33

Conținutul în elemente toxice (ppm) a furajelor cultivate la diferite distanțe de autostrada București-Pitești (după *Georgescu D.* și colab., 1993)

Cultura	Amplasare	Cadmiu	Crom	Plumb	Seleniu	Zinc
Borceag	lângă autostradă	3,10	4,34	5,04	108,4	43,00
	la 500-800 m distanță	1,52	2,31	3,38	63,3	12,1
Porumb m. v.	lângă autostradă	2,83	3,12	4,87	45,00	11,5
	la 500-800 m distanță	0,82	1,28	0,52	22,60	3,67

Molibdenul se poate acumula în sol în cantități de 150 - 200 ppm dar doza limită se consideră 5 ppm în România și 30 ppm în țările din Uniunea Europeană. Acumulat în exces în organismul animal, provoacă carență de cupru.

Fluorul din sol poate proveni din îngrășăminte, întrucât superfosfatul conține 0,1 - 1,5 % fluor. În concentrație de 15,4 ppm în plantă, acest element a redus cu 13 - 33 % conținutul frunzelor în clorofilă și producția a scăzut la trifoi, porumb, grâu și floarea soarelui iar conținutul recoltei în aminoacizi a fost mai redus (*Ionescu A.*, 1982). La un conținut în fluor al furajelor de 98 ppm apar leziuni la

Scanned with OKEN Scanner

nivelul articulațiilor animalelor rumegătoare (*Rîpeanu M.*, 1979). În apropierea fabricilor de aluminiu sau de sticlă, care degajă în atmosferă gaze şi pulberi ce conțin fluor, acțiunea dăunătoare a acestui element se resimte până la distanțe de 3,5 km.

Manganul se poate manifesta ca element toxic pe solurile cu pH-ul mai mic de 5,5. S-a dovedit sensibilă la excesul de mangan varza şi, într-o măsură mai mică, trifoiul roşu.

Nămolurile de la stațiile de epurare a apelor uzate orăşeneşti sunt bogate în substanțe nutritive pentru plante dar în unele cazuri ele pot conține şi metale grele (cupru, crom, plumb, cadmiu, mercur, nichel, arsen şi altele).

Tabelul 2.34

Conținutul în metale grele a unor nămoluri de la acoperiri galvanice (după *Negulescu M.* şi colab., 1987)

Întreprinderi	Compoziția nămolului (% din s.u.)					
	Crom	Nichel	Cadmiu	Cupru	Zinc	Fier
Construcții de maşini	9,50	-	1,20	1,90	4,98	9,00
Articole electrotehnice	14,20	1,00	-	7,75	3,20	-
Produse electronice	1,42	1,00	5,06	2,75	9,06	11,12
Articole electrocasnice	4,96	3,12	1,03	11,50	4,87	9,37
Articole casnice	2,30	11,62	7,31	1,87	-	10,20

Tabelul 2.35

Concentrații maxime de metale grele admise în nămolurile utilizate ca îngrăşământ şi în sol (g/t s.u.) (după *Fürer*, 1983 şi *Directiva CEE 86/278/1986*)

Metale grele	În nămoluri						În sol	
	Germania 1993	Elveția 1981	Franța 1983	Belgia 1995	România 1996	Uniunea Europeană 1988	România ICPA	Uniunea Europeană 1988
Arsen	-	-	-	-	10	-	20	-
Cadmiu	20	30	20 - 40	10	30	20 - 40	3	3
Cobalt	-	100	-	-	50	-	30	-
Crom	1200	1000	2000	500	1200	-	120	50 - 150
Cupru	1200	1000	2000	600	500	100 - 1750	100	140
Mangan	-	-	-	-	500	-	400	1,5
Mercur	25	10	20	10	25	16 - 25	2	-
Molibden	-	20	-	-	20	-	5	30 - 75
Nichel	200	200	400	100	200	300 - 400	50	50 - 75
Plumb	1200	1000	1600	500	1200	750 - 1200	100	300
Seleniu	-	-	200	-	14	-	10	-
Zinc	3000	3000	6000	2500	3000	2500 - 4000	300	150 - 300

Prezența metalelor grele în nămolul de la stațiile de epurare depinde de specificul apelor uzate colectate în sistemul de canalizare şi se poate datora, în

Scanned with OKEN Scanner

special, apelor uzate industriale. Astfel, nămolul de precipitare de la secțiile de acoperiri galvanice, conține cantități relativ mari de metale grele sub formă de hidroxizi (tab. 2.34). Rezultă că trebuie acordată o atenție deosebită nămolurilor produse în stațiile de epurare din marile aglomerări urbane, care pot fi cu mult mai toxice decât cele din micile localități neindustrializate.

Metalele grele din sol, indiferent de proveniența lor, se fixează pe particule de argilă, substanțe organice, oxizi de fier, carbonați de calciu etc sau sub formă solubilă se găsesc în faza lichidă a solului. Tratarea cu var a nămolurilor orășenești reduce capacitatea de stocare a metalelor grele din sol.

Pentru prevenirea excesului de metale grele, la nivelul Comunității Europene și apoi în fiecare țară, s-au stabilit limite pentru concentrațiile de metale grele admise în nămolurile folosite în agricultură și în sol (tab. 2.35).

Analizele efectuate la nămolul de la stația de epurare Iași, în perioada iulie - septembrie 1993, au pus în evidență un conținut scăzut în metale grele, față de standardele europene și naționale. În schimb, nămolul de la epurarea apelor uzate din București (stația pilot Bobești-Glina) avea un conținut foarte ridicat în metale grele (tab. 2.36).

Tabelul 2.36

Conținutul în metale grele (ppm) a nămolului de la epurarea apelor uzate din Iași și București (stația pilot Bobești-Glina) (după *Meglei V.*, 1996 și *Vijială M.* și colab., 1994)

Anul	Cupru	Zinc	Mangan	Plumb	Cadmiu	Cobalt	Nichel	Crom
Nămol de la epurarea apelor uzate din Iași								
1993 (26.VII)	72,9	236	254,7	36,4	11,2	-	24,0	32,0
1993 (24.VIII)	60,6	244	168,5	68,3	9,1	-	31,7	31,5
1993 (22.IX)	82,0	424	193,2	74,1	6,9	-	31,5	33,7
Nămol de la epurarea apelor uzate din București (Bobești-Glina)								
1986	7558	3240	630	357	42	28	21	760
1988	427	1060	39,8	112	5,8	16	125	672
1990	300	1673	460	132	37	23	122	993

Cercetându-se conținutul în metale grele al solului brun roșcat de la Moara Domnească, fertilizat cu diferite doze de nămol de la epurarea apelor uzate din București, stația Bobești - Glina, s-a constatat o creștere a cantităților de zinc de la 59 la 332 ppm, plumb de la 27 la 73 ppm, crom de la 67 la 112 ppm etc (tab. 2.37). Pentru a evita poluarea solului, cercetătorii recomandă ca nămolul cu care s-a experimentat să fie aplicat în doze mici, de 10 - 20 t/ha (6 - 10 t/ha substanță uscată), o dată la 3 - 4 ani. Asocierea nămolului cu îngrășăminte chimice modifică puțin conținutul solului în metale grele.

Cercetările din ultimii ani au arătat că o anumită genă dintr-o drojdie este capabilă să inducă rezistență la plumb, cadmiu și alte metale grele, creând o proteină numită YCF_1. Această proteină izolată și inserată experimental în ADN-ul unor plante de cultură, determină acumularea în organele lor aeriene a unor

Scanned with OKEN Scanner

cantităţi de două - trei ori mai mari de plumb şi alte metale grele. Prin cultivarea acestor plante transgenice şi apoi distrugerea lor prin ardere, se poate realiza o depoluare a solului de metale grele.

Tabelul 2.37

Influenţa nămolului orăşenesc asupra conţinutului în metale grele a solului brun roşcat de la Moara Domnească (1986 -1990) (după *Vîjială M.* şi colab., 1993)

N	P	Nămol	Cu	Zn	Pb	Co	Ni	Mg	Cr	Cd
kg s.a.		(t/ha)								
-	-	-	18	59	27	23	30	734	67	0,5
-	-	10	20	127	33	25	32	767	70	0,5
-	-	30	22	131	33	23	32	738	71	0,8
-	-	50	27	223	38	25	38	720	75	1,2
-	-	70	38	237	53	20	45	775	100	1,5
120	80	-	20	79	25	23	40	710	70	0,5
120	80	10	20	110	29	22	40	718	74	0,5
120	80	30	25	119	34	25	40	750	75	0,8
120	80	50	28	136	52	25	40	758	79	1,1
120	80	70	38	332	73	25	43	790	112	1,5

2.2.10 Poluarea cu ţiţei şi apă sărată

Industria de extracţie, prelucrare şi transport a petrolului produc, în unele cazuri, poluarea solului. În ultimul deceniu al secolului trecut, terenurile poluate cu ţiţei şi apă sărată ocupau în România aproximativ 50.000 ha din care, 41.000 ha erau terenuri agricole din judeţele Argeş, Teleorman, Galaţi, Dîmboviţa, Brăila şi Prahova (*Ispas Şt.* şi colab., 1994). Cauzele poluării sunt reprezentate, cu deosebire, de scurgerile din conductele de transport a ţiţeiului din zonele de extracţie şi depozitare, precum şi relativ frecventele avarii care au loc la aceste instalaţii. Se produce, în primul rând, o poluare fizică datorită trecerilor repetate cu utilaje de tonaj greu pe terenurile din jurul sondelor. Poluarea chimică se intensifică pe măsură ce reziduul petrolier din sol depăşeşte ponderea de 1 l/m^2. Capacitatea de reţinere a solului este estimată la 5 l/m^3 pentru pietriş şi de 40 l/m^3 pentru nisip fin. La cantităţi mari de ţiţei se formează la suprafaţa solului o pojghiţă care împiedică schimbul de gaze între sol şi atmosferă şi produce asfixierea rădăcinilor şi a microorganismelor. În sol se produc complexe procese agrochimice menţionate în tabelul 2.38.

În timpul ploilor abundente, ţiţeiul, fiind mai uşor decât apa, este întins pe suprafeţe mari (fig. 2.5).

Poluarea cu apă sărată afectează întreg profilul solului, spre deosebire de ţiţei, care pătrunde doar până la 30 - 40 cm adâncime. Sunt foarte afectate terenurile uşor permeabile, vegetaţia degradându-se până la dispariţie.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.38

Principalele tipuri de procese geochimice din mediul subteran la poluarea solului cu țiței și apă sărată (după *Bica I.* și colab., 1998)

Tipul procesului	Definire	Semnificația pentru sol	Efecte asupra contaminanților
Dizolvare - precipitare	Reacții care dizolvă sau precipită substanțele solide (substanțe minerale naturale).	Influențează compoziția chimică a apei subterane, și implicit a solului.	Duce la creșterea sau scăderea concentrațiilor constituenților dizolvați, care pot include și contaminanți.
Oxidare - reducere	Reacții prin care se acceptă sau se pierd electroni din substanța chimică, modificând forma lor inițială.	Determină specificațiile metalelor cu mai multe stări de oxidare, precum și căile de degradare biologică a materiilor organice.	- Poate modifica concentrația contaminantului, prin reacții chimice sau accelerarea degradării microbiene. - Precipită sau dizolvă metalele
Sorbție - desorbție	Reacții de transferare a substanțelor din faza fluidă (solvent) în faza solidă (absorbant) sau viceversa.	Influențează concentrațiile soluțiilor, prin atragerea constituenților pe suprafața granulelor solului.	Absorbția poate încetini mișcarea contaminanților.
Schimb ionic	Schimb ionic între argilă și soluție, cu menținerea echilibrului de sarcină.	Reduce concentrația unui ion și mărește concentrația altuia.	Îndepărtează ioni de contaminanți din soluție (în mod particular pentru argile) și astfel este încetinită decontaminarea.
Formarea complecșilor	Reacții între substanțe chimice aflate în soluție, generând substanțe chimice complexe.	Afectează disponibilitatea de a reacționa a substanțelor aflate în subteran.	Modifică concentrațiile, reactivitatea și mobilitatea contaminanților (în special a metalelor)

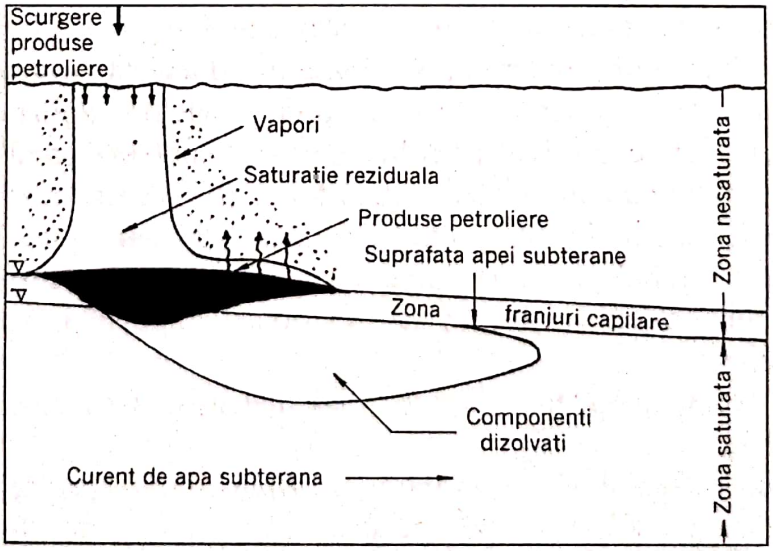


Fig. 2.5 Contaminarea straturilor acvifere cu produse petroliere (după *Bica I.* și colab., 1998)

Scanned with OKEN Scanner

2.2.11 Ploi acide şi soluri acide

Principalii poluanţi purtaţi de curenţii de aer şi antrenaţi de picăturile de ploaie sunt formaţi din particule solide sau compuşi gazoşi, care provin de la unele fenomene naturale sau de la diferite activităţi umane. Condensarea vaporilor de apă în atmosferă se face în jurul particulelor de praf, negru de fum, pulbere de ciment etc iar la parcurgerea atmosferei, picăturile de apă antrenează numeroase substanţe chimice sau radioactive care pot produce ploi acide, cu efecte dăunătoare asupra vegetaţiei. Datorită dioxidului de carbon din atmosferă, ploaia naturală are pH-ul moderat acid (5,65), însă oxizii de sulf şi azot precum şi alţi poluanţi din atmosferă reduc ph-ul ploii până la valoarea 4 sau chiar 3.

Tabelul 2.39

Pagubele provocate pădurilor din Europa de ploile acide (după *Brown L. R.*, 1991)

Ţara	Păduri mii ha	Păduri degradate	
		mii ha	%
Cehoslovacia	4.578	3.250	71
Grecia	2.034	1.302	64
Marea Britanie	2.200	1.408	64
Estonia	1.795	933	52
Germania (Vest)	7.360	3.827	52
Norvegia	5.925	2.963	50
Danemarca	466	228	49
Polonia	8.654	4.240	49
Olanda	311	149	48
Bulgaria	3.627	1.560	43
Elveţia	1.186	570	43
Finlanda	20.059	7.823	39
Suedia	23.700	9.243	39
Iugoslavia	4.889	1.564	32
Spania	11.792	3.656	31
Austria	3.574	1.089	29
Franţa	14.440	3.321	23

Cercetări efectuate în apropierea combinatului chimic de la Valea Călugărească au pus în evidenţă micşorarea ph-ului solului cu 0,5 unităţi în decurs de patru ani (*Răuţă C.* şi colab., 1983).

O centrală termoelectrică care funcţionează cu petrol şi produce 600 Mw, elimină în atmosferă 14.800 kg SO_2 zilnic.

Ploile acide produc acidifierea solului, măresc solubilitatea diferitelor săruri, accelerează disocierea compuşilor cu metale grele şi modifică viaţa şi activitatea microorganismelor din sol. Efectul dăunător al ploilor acide se resimte asupra vegetaţiei căci se reduce fotosinteza şi se produce clorozarea frunzelor până la înroşire şi necrozare. Suferă mult arborii din păduri şi în special bradul, molidul, pinul gorunul, fagul etc. La congresul internaţional organizat de ONU în Finlanda (1988), se aprecia că ploile acide au produs degradarea pădurilor din Europa în proporţie de 23 până la 71 % (tab. 2.39).

Solurile acide se regăsesc în România pe o suprafaţă de circa 6.120.000 ha teren agricol, din care 473.500 ha sunt utilizate ca arabil (tab. 2.40 şi fig. 2.6).

Pe solurile acide se produce un dezechilibru în nutriţia minerală a plantelor, întrucât concentraţia mare a ionilor de hidrogen din soluţia solului favorizează absorbţia anionilor (fosfor, sulf, bor, molibden) prin perii radiculari ai rădăcinii şi împiedică accesul cationilor nutritivi (calciu, magneziu, potasiu, azot). Acest dezechilibru deranjează metabolismul substanţelor proteice şi al glucidelor complexe.

Scanned with OKEN Scanner

Sub influența acidității accentuate, sporește în rădăcini activitatea fermenților proteolitici și amilolitici care solubilizează proteinele și glucidele complexe.

Tabelul 2.40

Suprafața solurilor agricole studiate agrochimic și reacția lor (pH) în suspensie (după *ICPA*, 1994)

Specificare	Arabil		Pășuni și fânețe		Vii și livezi		Total agricol	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Puternic acidă	126.302	2,67	144.166	12,48	22.103	9,62	292.571	4,78
Moderat acidă	1.492.859	31,53	490.142	42,44	79.861	34,76	2.062.862	33,71
Slab acidă	3.155.360	65,80	520.642	45,08	127.792	55,62	3.763.794	61,51
Total	4.734.521	100	1.154.950	100	229.756	100	6.119.227	100

Fig. 2.6 Cartograma zonelor cu soluri care prezintă reacție acidă, interesate la corectarea prin amendamente (după *Davidescu Velicica* și colab., 1999)

2.2.12 Deșeuri și reziduuri solide

În conformitate cu legea conservării materiei sintetizată în cunoscuta formulare a lui *Lavoisier*: *„Nimic nu se pierde, nimic nu se câștigă, totul se transformă"*, în numeroasele procese industriale, metabolice, biochimice etc se obțin adesea așa numitele deșeuri sau reziduuri. Ele semnifică, în general, o valoare economică negativă și se acumulează în cantități mari determinând, de cele mai multe ori, poluarea mediului înconjurător. Ritmul de creștere economică este adesea direct proporțional cu ritmul de acumulare a deșeurilor și reziduurilor care afectează calitatea mediului. Uriașele cantități de reziduuri și deșeuri solide care se acumulează în special în marile orașe sau în jurul unor exploatări miniere,

Scanned with OKEN Scanner

întreprinderi industriale în apropierea crescătoriilor de animale etc, se pot grupa, după proveniență, în câteva categorii: agricole, menajere, stradale, industriale și miniere etc. După modul de refolosire, deșeurile pot fi recuperabile (dejecțiile animalelor, cenuși, zguri etc) și nerecuperabile (substanțe toxice, materiale radioactive etc). Stocarea și reciclarea deșeurilor a făcut obiectul convențiilor internaționale de la Londra (1972), Oslo (1974), Barcelona (1976) etc.

2.2.12.1 Deșeuri și reziduuri industriale și agricole. Cantitatea și calitatea deșeurilor și reziduurilor variază foarte mult de la o zonă la alta și de la un sezon la altul. În localitățile urbane se obțin diferite deșeuri și reziduuri la care se adaugă și cenușa provenită de la încălzirea locuințelor cu lemne sau cărbune. Din Paris se evacuau lunar, în secolul trecut, circa 100.000 tone de resturi menajere iar în SUA se aruncau anual circa șase miliarde tone de reziduuri de tot felul (*Negulescu M.*, 1995). În România, se acumula în anul 1999 o cantitate de peste 77 milioane de tone de deșeuri și reziduuri solide din care, 69 milioane tone au fost deșeuri industriale formate din 36 milioane de tone steril minier și 33 milioane alte deșeuri. Deșeurile și reziduurile urbane cântăreau 6,73 milioane tone, cele agricole 930 mii tone iar alte tipuri 34 mii tone.

Cantitatea de deșeuri și reziduuri industriale a scăzut de la 353 milioane tone în anul 1995 la 69 milioane tone în 1999. Aceasta s-a datorat reducerii activității miniere și din metalurgie. Deșeurile industriale erau formate din cenușă și zgură de la termocentrale, nămoluri reziduale etc iar activitățile economice mari generatoare de deșeuri erau: industria extractivă, de producere a energiei etc. (tab. 2.41). Printre deșeurile industriale au fost identificate 145 de tipuri de deșeuri periculoase, în greutate de 3% din total. Ele proveneau de la industria chimică, rafinarea petrolului etc, fiind formate din deșeuri de sodă calcinată, fosfogips, deșeuri petroliere, zguri din metalurgia neferoasă (a plumbului), reziduuri halogenate din chimia organică, nămoluri cianurate cu metale grele, deșeuri de la epurarea gazelor, amestecuri de grăsimi și uleiuri de la separarea grăsimilor din apele uzate.

Tabelul 2.41

Principalele categorii de deșeuri și reziduuri industriale din România în anul 1998 și activitățile industriale din care au provenit

Categoria de deșeuri	mil t/an	Proveniența deșeurilor	mil t/an
Steril minier	36,0	Industria extractivă	48,0
Cenușă, zgură termocentrale	6,4	Producerea energiei	8,1
Deșeuri metalurgice	2,6	Metalurgie	3,6
Nămoluri reziduale	2,5	Rafinarea țițeiului	2,2
Deșeuri chimice	2,2	Industria chimică	2,1
Deșeuri feroase	1,9	Industria de mașini	1,4
Deșeuri de construcții	3,0	Agricultură, zootehnie	1,2
		Industria alimentară	0,9

Aceste deșeuri și reziduuri au fost valorificate numai în cantitate de 15 %, stocate temporar 3,3 %, depozitate 81 % și incinerate 0,7 %. La sfârșitul anului

Scanned with OKEN Scanner

1999, în diferite unități economice se găseau peste 18 milioane tone din aceste deşeuri şi reziduuri.

Întreaga cantitate de deşeuri ocupa 951 depozite, răspândite pe 11.986 ha de teren din care, halde de steril - 5932 ha, halde de zgură şi cenuşă - 2823 ha, iazuri de decantare - 2466 ha, depozite simple şi subterane - 765 ha.

Numai 30 % din aceste depozite deţineau autorizaţie de mediu, 34 % erau amplasate în intravilan, iar 6 % se află pe malurile unor cursuri de apă.

Din cantitatea totală de deşeuri industriale se valorifică anual 10 - 15 %, în special din cele feroase şi neferoase, materiale plastice, uleiuri uzate etc. Calitatea deşeurilor care se pot folosi în agricultură se apreciază după: conţinutul în substanţă organică, elemente nutritive pentru plante, metale grele, germeni patogeni, umiditate, greutate volumetrică etc.

Din sectorul agricol rezultă o gamă bogată de deşeuri care reprezentau, în anul 1991, circa 6.000 tone. Ele pot fi, aproape în întregime, valorificate fie în hrana animalelor (unele subproduse de la fabricile de zahăr sau de la măcinarea cerealelor) sau ca îngrăşăminte.

O mare parte dintre aceste deşeuri şi reziduuri provin de la crescătoriile de animale căci diferitele specii produc zilnic zeci de kg de dejecţii consistente şi urină (tab. 2.42), care împreună cu aşternutul formează gunoiul de grajd. Aceasta se acumulează în cantitate de 4 - 10 tone pentru fiecare animal într-o perioadă de stabulaţie de 150 - 240 zile (tab. 2.43).

Tabelul 2.42

Producţia medie de dejecţii pe cap de animal (după *Davidescu D.* şi colab., 1981)

Specia şi categoria	Dejecţii consistente (kg/zi)	Urină (kg/zi)	Gunoi proaspăt (kg/zi)
Vaci de lapte	30	15	35
Junici de peste 2 ani	24	12	28
Tineret taurin 1 - 2 ani	20	10	24
Tineret taurin 3 - 12 luni	9	4,5	10,5
Viţei 0,5 - 3 luni	0,6	3	0,8
Scroafe şi vieri de reproducţie (150 kg)	5	4,5	6
Suine la îngrăşat (50 - 110 kg)	3,6	3,0	4,2
Tineret suine (25 - 50 kg)	1,8	1,5	2,1
Purcei (7 - 25 kg)	0,7	0,6	0,8
Ovine peste un an	3	1,5	3,5
Ovine sub un an	1,5	0,75	1,8
Cabaline adulte de talie mijlocie	27	13,5	31,5
Mânji 0,5 - 3 ani (în medie)	13,5	6,7	15,8
Găini ouătoare în baterii 40 % s.u.	0,175	-	0,175

Pentru calculul cantităţii de gunoi de grajd proaspăt (*C*) se poate folosi formula lui *Wolf*, care arată că o treime până la jumătate din hrana animalelor exprimată în

Scanned with OKEN Scanner

substanță uscată trece în dejecții, la acestea adăugându-se așternutul (substanță uscată) și apa, care reprezintă 75 % din total. Astfel, greutatea gunoiului se poate calcula cu relația (2.1). În cazul folosirii unor nutrețuri fibroase și concentrate se consideră că numai o treime din hrană trece în dejecții.

$$C = 4 \cdot \left(\frac{H}{3} + A \right) \quad \text{sau} \quad C = 4 \cdot \left(\frac{H}{2} + A \right) \qquad (2.1)$$

în care:

C - cantitatea de gunoi proaspăt care se acumulează (kg);
H - cantitatea de substanță uscată din hrană (furaj) (kg);
A - cantitatea de substanță uscată din așternut (kg).

Tabelul 2.43

Cantitatea medie de gunoi de grajd nefermentat (tone) obținut de la un animal într-o perioadă de stabulație (după *Davidescu D.* și colab., 1981)

Perioada de stabulație (în zile)	Cabaline	Vite cornute mari	Ovine și caprine	Porcine
150 - 180	2,5 - 3	4 - 5	0,4 - 0,5	0,8 - 1,0
180 - 200	4,5	6 - 8	0,6 - 0,7	1,0 - 1,2
200 - 220	5 - 6	8 - 9	0,7 - 0,8	1,2 - 1,5
200 - 240	6 - 7	9 - 10	0,8 - 0,9	1,5 - 2,0

Numeroase ramuri ale industriei care prelucrează materia primă provenită din agricultură produc, de asemenea, un sortiment bogat de deșeuri, cum ar fi: coji de floarea soarelui, pleavă de orz sau borhot de la industria spirtului, puzderie de in și cânepă, tescovină, deșeuri de abator sau de la fabricile de conserve din pește etc.

2.2.12.2 Deșeuri și reziduuri menajere și stradale. De la locuințe, instituții publice, restaurante etc, rezultă deșeuri și reziduuri menajere care au scăzut în ultimul deceniu al secolului trecut, de la 8,6 mil tone în anul 1993 la 6,7 mil tone în anul 1999. În comparație cu cantitatea totală de deșeuri și reziduuri, ponderea celor urbane a sporit de la 2,5 % din total în anul 1994, la 9 % în anul 1999. Pentru fiecare locuitor din orașe, reveneau în anul 1991, 220 - 315 kg deșeuri menajere în România, 242 kg în Suedia, 275 kg în Olanda, 200 - 210 kg în Germania, 260 - 320 kg în Franța și cantități mai mari în SUA. Statisticile din ultimul timp, arată că în SUA deșeurile menajere se produc în cantități de 1.000 - 1.200 kg anual de fiecare locuitor din mediul urban iar în Europa Occidentală de 600 - 700 kg (*Coman Gh.* și colab., 1996).

Aceste deșeuri și reziduuri sunt formate, în cea mai mare parte din hârtie, materiale organice, cenușă etc și compoziția lor variază foarte mult de la o țară la alta, de la un oraș la altul cât și după anotimp. Reziduurile menajere din România se remarcă printr-un conținut ridicat în materiale ușor fermentabile și o putere calorică redusă.

De la cantine, restaurante și bucătării rezultă însemnate cantități de reziduuri provenite de la fructele și legumele folosite la prepararea hranei. Astfel, la mazărea verde, păstăile și pedunculii lor reprezintă 48,7 - 58,2 % din greutatea

Scanned with OKEN Scanner

totală, la pepenele verde cojile şi sâmburii 45,2 - 57,5 %, la nuci endocarpul reprezintă 40,3 - 64,8 % etc (*Radu I. F.*, 1985).

Compoziţia acestor reziduuri şi deşeuri variază mult şi după tipul de locuinţă, iar pentru îndepărtarea lor s-au construit, la noi în ţară 7 staţii de incinerare şi valorificare a energiei termice, doar pentru 6 - 7 % din cantitatea totală de deşeuri menajere. Tehnologiile de ardere şi fiabilitatea redusă a echipamentelor a dus însă la scoaterea din uz a unora dintre ele. Marea majoritate a deşeurilor urbane se depozitează în vecinătatea localităţilor şi ocupă în prezent circa 2.500 ha, numai în jurul oraşelor. Se apreciază că prin valorificarea raţională a reziduurilor şi deşeurilor menajere din ţara noastră se pot recupera anual circa 300.000 tone hârtie, 100.000 tone metale, 40.000 tone sticlă, 10.000 tone mase plastice, 20.000 tone textile şi se pot obţine 1,0-1,5 mii tone compost (*Cămăşoiu C*, 1994). *Ionescu A.* şi colab. (1982) arată că din materia organică existentă în gunoaiele casnice adunate anual numai din Bucureşti, se pot obţine prin fermentare 2,1 mii m^3 biogaz, folosind pentru aceasta instalaţii simple.

Cantitatea de gunoi stradal care se adună în diferite localităţi depinde de numărul de locuitori, natura îmbrăcămintei străzilor, gradul de dezvoltare a localităţii etc. Aceste reziduuri conţin în special praf şi pământ, frunze, lemne, resturi de la şantierele de construcţii etc.

2.2.12.3 Nămoluri de la epurarea apelor uzate. La staţiile de epurare a apelor uzate orăşeneşti se obţin însemnate cantităţi de nămol şi apă decantată, pentru evacuarea cărora sunt necesare cheltuieli foarte mari. Cantitatea de apă uzată şi nămol sporeşte an de an, pe de o parte datorită exploziei demografice iar pe de altă parte din cauza tendinţei, pe plan mondial, de migrare a populaţiei către oraşe. Dacă în anul 1900 populaţia urbană reprezenta pe glob 13,6 %, în anul 1985 acest procent s-a ridicat la 43,3 % iar pentru anul 2020 se prognozează să ajungă la 62,5 % (*Ullman*, 1991)

Se estimează că în SUA, cantitatea de nămol uscat de la staţiile de epurare a sporit de la 4,7 mii tone în anul 1972, la 6,6 mii tone în 1983. La nivelul anilor 1975 - 1978 se acumulau anual circa 170 mii tone nămol uscat în Suedia, 1 mii tone în Anglia (*Coldrick J.*, 1975), 100 mii tone în Danemarca, 72 mii tone în Finlanda, 24 mii tone în Norvegia şi 2 mii tone în Germania (*Thormann*, 1977). În spaţiul Comunităţii Europene, în anul 1992, cantitatea totală de nămol substanţă uscată era estimată la 6,5 mii tone, cu o tendinţa de creştere în viitorul apropiat, motivat de gradul crescând de racordare a populaţiei şi industriei la staţiile de epurare şi de creştere a conştiinţei ecologice (*Neumann*, 1993). În anul 1992, populaţia racordată la sistemele centralizate de canalizare, în Comunitatea Europeană, era în medie de 73 % iar producţia de nămol, exprimată în substanţă uscată, era de circa 6,5 mii tone.

La noi în ţară, în anul 1966, instalaţiile de epurare au reţinut din apele poluate peste 100.000 vagoane de suspensii organice şi minerale, circa 8.000 de vagoane de reziduuri petrolifere etc (*Gobjilă W.*, 1985). Cantitatea de nămol uscat era în anul 1980 de 150.000 tone anual (*Ştefănescu G.*, citat de *Răuţă C.* şi colab., 1983).

Scanned with OKEN Scanner

Se estimează că apele uzate menajere şi industriale conţineau, în anul 1990, circa 1,5 mii tone de nămol (*Cămăşoiu C.*, 1994). Cantitatea din ce în ce mai mare de nămol rezultat din procesul de epurare a apelor uzate şi conţinutul lui mare în substanţă organică fermentabilă au determinat dirijarea lui către agricultură în paralel cu celelalte soluţii de evacuare în depozite, incinerare sau aruncarea în mări şi oceane. Folosirea nămolului în agricultură asigură reciclarea biologică a substanţelor nutritive şi reducerea cheltuielilor pentru îngrăşăminte chimice.

În general, activitatea de eliminare a marilor cantităţi de reziduuri şi deşeuri reprezintă una din cele mai complexe probleme pentru administraţia oraşelor, căci cuptoarele de incinerare poluează atmosfera iar terenurile de depozitare a gunoaielor se extind an de an. Încă din anul 1970, unul din cele mai frumoase golfuri din lume, San Francisco (SUA), a fost invadat de gunoaiele care au acoperit circa 750 km^2 din suprafaţa totală de 1800 km^2 (*Lupan E.*, 1993). Se apreciază că pentru arderea deşeurilor produse în New York sunt necesare 12 crematorii care să incinereze zilnic câte 1500 tone fiecare (*Milică C.*, 1999).

În România, cantităţi mari de cenuşă, praf mineral, steril, şlamuri chimice şi zgură sunt produse de industrie, iar apele uzate, nămolurile şi dejecţiile animaliere sunt produse atât de industrie cât şi de agricultură (tab. 2.44).

Tabelul 2.44

Substanţe poluante evacuate pe sol în România în anul 1991 (mii tone) (după *Cămăşoiu C.*, 1994)

Substanţe poluante	Industrie şi construcţii	Agricultură şi silvicultură	Transport	Gospodării comunale	Alte ramuri	Total
Ape uzate neepurate	899,6	2194,2	-	156,6	0,3	3.250,6
Cenuşa	1.809,8	1,3	3,0	4,4	1,8	1.820,3
Nămoluri şi dejecţii brute	255,5	793,7	1,6	633,2	28,9	1.712,9
Nămoluri din iazuri miniere	4.698,5	-	-	-	5,5	4.704,0
Praf mineral	89,3	5,3	0,3	-	-	94,9
Steril	184.281,7	12,3	25.351,6	0,5	0,5	209.646,6
Şlamuri chimice	1.684,1	3,6	3,2	132,5	-	1.823,0
Zgură	1.031,2	11,8	1,7	5,2	0,3	1.050,2

2.2.13 Ape poluate

Impurificarea, murdărirea sau poluarea apei se referă la alterarea însuşirilor fizice, chimice şi biologice făcând-o improprie pentru folosirea ei normală. Poluarea apei se mai poate defini ca fenomenul prin care se produc modificări calitative negative ale proprietăţilor naturale, care au ca urmare scoaterea parţială sau totală a resursei din circuitul folosinţelor. Se mai foloseşte expresia de apă contaminată sau otrăvită, când se referă la impurificarea cu bacterii patogene sau

Scanned with OKEN Scanner

substanțe toxice care prezintă pericol direct pentru viața omului. Substanțele care produc poluarea apei (poluanți) se pot grupa în câteva categorii, după starea fizică (insolubili, solubili, coloizi), compoziție (organici, anorganici, biologici, radioactivi) şi acțiune nocivă (substanțe toxice, explozibile, agresive). În tabelul 2.45, sunt menționate câteva din substanțele poluante periculoase. Apele continentale (interioare) curgătoare sunt afectate de poluare în procent de 30 - 54 %. Ele transportă în flux continuu săruri solubile, suspensii şi chiar fragmente ale comunității ecologice. Din punct de vedere al poluării, aceste ape ajută difuzia agenților poluanți iar la viteză redusă se produce sedimentarea nisipului şi altor particule în suspensie. La apele stătătoare poluarea se limitează la dimensiunile lacului sau bălții, dar nu se produce autoepurarea prin scurgere continuă. Apele de suprafață, spre deosebire de cele subterane, primesc toate apele uzate purtătoare de agenți poluanți.

Tabelul 2.45

Substanțe poluante cu grad ridicat de periculozitate
(după *Sandu Gh.* şi colab., 1986)

Nr. crt.	Substanțe poluante
1	Pesticide organo-halogenice persistente şi compuşi care pot forma asemenea substanțe în mediul acvatic, spre exemplu: D.D.T., H.C.H., toxafen, aldrin, heptaclor, brometran.
2	Pesticide organo - silicice persistente şi compuşi care pot forma asemenea substanțe în mediul acvatic, ca de exemplu siloxani.
3	Pesticide organo-fosforice, spre exemplu: parathion, metil-parathion, rogor, metathion.
4	Pesticide organo-stanice, spre exemplu: acetat de trifenilstaniu, hidroxid de trifenilstaniu.
5	Substanțe cancerigene, spre exemplu: benzpirenul şi compuşii lui, benzan-tracenul şi compuşii lui.
6	Compuşi organici ai mercurului, spre exemplu alchilmercur.
7	Deşeuri radioactive care se concentrează în mediu sau organisme acvatice.

În general, procesul alarmant de poluare a apelor a cuprins râuri, lacuri şi în anumite cazuri chiar unele zone ale litoralului maritim sau oceanic. Se apreciază că râurile şi fluviile globului pământesc conțin peste 500 km^3 apă poluată şi transportă anual în mări şi oceane 319 mii tone fier, 4,46 tone cupru, 3,93 tone zinc, 2,3 tone plumb, 6,5 tone fosfor etc. Numai din porturile olandeze sunt deversate anual în ocean până la 2 milioane tone de substanțe toxice. Din cantitatea totală de DDT folosită pe glob, se estimează că un sfert a ajuns în mări şi oceane. Unele fluvii şi râuri din apusul Europei (Rin, Main) sau lacul Eric de la granița între SUA şi Canada conțin peste 200 compuşi organici cu clor şi azot precum şi mercur, plumb şi alte produse poluante provenite de la întreprinderile din apropiere, care deversează apele uzate în aceste fluvii, râuri sau lacuri. Se apreciază că în deceniul 1989 -1999, Dunărea a colectat de prin țările europene pe care le străbate şi a

Scanned with OKEN Scanner

transportat în Marea Neagră peste 40.000 tone de fosfor şi 500.000 tone de azot. Anual ajung în mare circa 1.000 tone de crom, 900 tone de mercur, 4.500 tone de plumb, 600 tone de zinc, 50.000 tone produse petroliere etc (*Jalev J.*, 1999). În unele zone se constată un fenomen dezolant de transformare a frumoaselor lacuri şi râuri, de altă dată în colectoare de deşeuri şi ape uzate cu aspect neplăcut şi miros respingător. La noi în ţară, lacul Căldăruşani din apropierea capitalei este puternic poluat de pârâul Vlasia şi apa conţine amoniac şi amoniu în cantităţi ce depăşesc de zeci de ori limitele admise şi fac imposibilă viaţa peştilor. Din păcate, se mai pot enumera încă zeci şi zeci de asemenea exemple.

Dăunătorul proces de poluare a apei este periculos pentru că substanţele poluante se deplasează odată cu apa dintr-o zonă în alta şi în cazul râurilor sau fluviilor internaţionale dintr-o ţară în alta. Aceste substanţe pot contribui la poluarea solului (maluri, albii), biosferei (flora, fauna) şi atmosferei. Apa poate dizolva multe substanţe nocive mobilizându-le. Ea poate vehicula materiale mai dense pe care curenţii de aer nu le pot antrena. Apa prezintă condiţii favorabile pentru concentrarea agenţilor poluanţi.

Numeroasele surse de poluare a apei se pot clasifica în diferite moduri. Astfel, se disting surse naturale (permanente sau accidentale) şi artificiale. Sursele permanente se referă la trecerea apei prin zonele cu roci solubile (zăcăminte de sare, marne etc) care modifică însuşirile apei. Sursele naturale accidentale se referă la erupţiile vulcanice sau alunecările de teren etc, care - pe lângă alte fenomene dăunătoare - produc şi poluarea apei.

Sursele de poluare artificială, datorită activităţii umane, pot fi şi ele permanente, cum e cazul apelor uzate provenite de la diferite întreprinderi, sau accidentale când intervin anumite avarii care determină poluarea apei şi eventual a mediului în general. În urma numeroaselor şi variatelor activităţi umane, rezultă ape uzate menajere, industriale, de la unităţi agrozootehnice, din contactul precipitaţiilor cu diferite substanţe nocive, ape cu temperaturi ridicate, ape radioactive etc. Poluanţii apelor menajere sunt constituiţi din resturi alimentare, dejecţii, săpun, detergenţi, microorganisme etc. De la sectorul zootehnic provin ape bogate în resturi furajere, aşternut, dejecţii, ouă de paraziţi etc. Din industrie provin ape de răcire, poluate termic, ape de spălare şi transport a materiilor prime şi ape provenite din secţiile de producţie poluate cu substanţe din materiile prime şi finite. *Klein I.* (1962) distinge la apele uzate menajere şi industriale următoarele tipuri de poluare: chimică, fizică, fiziologică şi biologică.

În general, cantităţi relativ mari de ape uzate provin de la activităţile domestice care, folosesc până la 240 - 280 l/zi·om în vile şi locuinţe confort I. Apele menajere conţin însemnate cantităţi de azot, potasiu, calciu, fosfor ş.a. De asemenea, rezultă mari cantităţi de apă uzată de la industria celulozei şi hârtiei care, consumă până la 1.000 m^3/t de produs, de la industria textilă care necesită 200 - 800 m^3/t iar industria chimică foloseşte până la 500 m^3/t (*Popescu Ch.* şi colab., 2002).

Scanned with OKEN Scanner

Natura poluanților diferă foarte mult de la o întreprindere la alta. Apele provenite de la industria pielăriei conțin tanin, fenoli, cianuri, cele de la industria alimentară grăsimi etc.

În conformitate cu legislația actuală, diferitele unități industriale n-ar trebui să contribuie la poluarea apei, căci Adunarea Parlamentară a Consiliului Europei a stabilit că: statele europene trebuie să aibă grijă ca apa să fie disponibilă în cantitate suficientă şi de bună calitate pentru consumul uman, animal şi industrial, evitându-se poluarea ei. Charta Europeană pentru apă adoptată în anul 1968 de Consiliul Europei prevedea printre altele:

- ✓ alterarea calității apei înseamnă periclitarea vieții omului şi a celorlalte viețuitoare care sunt dependente de ea;
- ✓ atunci când apa este redată mediului natural după utilizare nu trebuie să compromită folosințele ulterioare;
- ✓ calitatea apei trebuie menținută la nivel corespunzător folosirii prevăzute şi să satisfacă exigențele cerute de igiena publică.

Deşi în România numărul stațiilor de epurare a crescut de la 200 în anul 1950 la peste 4.000 în anul 2002, numai 25 % din apele uzate se pot considera epurate integral, 45 % fiind epurate parțial iar 30 % sunt evacuate neepurate (*Ionaşcu Al.*, 2003).

Cursurile de apă din România se pot clasifica, din punct de vedere al calității, în patru categorii:

1. ape care pot fi folosite pentru alimentarea cu apă a centrelor populate, a fermelor zootehnice şi la păstrăvării;
2. ape de suprafață care pot fi folosite la piscicultura (în afară de salmonicultură) şi pentru necesități tehnologice ale industriilor şi la agrement;
3. ape care pot fi utilizate la irigarea culturilor agricole, la producerea energiei electrice în hidrocentrale, in instalații de răcire din industrie, spălătorii şi în folosințe care suportă o astfel de calitate;
4. ape degradate în care fauna piscicolă nu se poate dezvolta.

Lungimea totală a râurilor investigate în anul 2000, de 22.012 km, se repartizează astfel:

- ✓ categoria 1 - 13.405 km (60,9 %);
- ✓ categoria 2 - 5.505 km (25,0 %);
- ✓ categoria 3 - 1.386 km (6,3 %);
- ✓ categoria 4 - 1.716 km (7,8 %).

Situațiile cele mai defavorabile s-au înregistrat în bazinele hidrografice Prut, cu 25,3 % apă degradată şi Ialomița cu 22,3 % (tab. 2.46).

Calitatea globală a fluviului Dunărea, în acelaşi an, a corespuns condițiilor prevăzute în STAS 4706/1988 pentru categoriile 1 - 4, în toate cele 12 secțiuni de control în care s-au efectuat determinări.

Depăşiri ale limitelor categoriei 3 de calitate, la unu sau doi parametri, s-au evidențiat în secțiunile: Baziaş (*Zn*), Gruia-Radujevac (*Zn*, *Cd*), amonte Oltenița (*P*), Chiciu-Silistra (*Zn*, *Fe*), Grindu-Reni (*Fe*, *Cd*) şi Valkov-Periprava (*Fe*, *P*, *Zn*, *Cd*).

Scanned with OKEN Scanner

Pe lungimi de cursuri de apă, calitatea acestora se prezenta astfel: din 1.225 km investigaţi, 636 km (51,9 %) s-au încadrat în categoria 1 de calitate, 459 (37,5 %) în categoria 2 şi 130 km (10,6 %) în categoria 3. În general, în ultimii ani, datorită închiderii unor întreprinderi industriale ineficiente şi poluante, s-a constatat o creştere a calităţii apelor curgătoare. Regia Naţională „Apele Române" confirmă că ponderea secţiunilor de calitate din categoriile 1 şi 2 a crescut de la circa 65 % în anul 1993 la 84 % în anul 2001 iar a celor din categoriile 3 şi 4 a scăzut de la circa 35 % la 16 %, în acelaşi interval de timp

Tabelul 2.46

Lungimile de râu cumulate pe categorii de calitate a apei conform (după *Raportul privind Starea Mediului în România în anul 2000*)

Nr. crt.	Bazin hidrografic	Lungime totală (km)	Repartiţia lungimilor pe categorii de calitate							
			1		2		3		4	
			km	%	km	%	km	%	km	%
1	Tisa	467	414	88,7	17	3,6	-	-	36	7,7
2	Someş	1.681	1.180	70,2	442	26,3	-	-	59	3,5
3	Crişuri	1.093	946	86,6	68	6,2	-	-	79	7,2
4	Mureş-Aranca	2.434	1.288	52,9	837	34,4	144	5,9	165	6,8
5	Bega-Timiş	1.119	1.036	92,6	34	3,0	49	4,4	-	-
6	Nera-Cerna	258	258	100,0	-	-	-	-	-	-
7	Jiu	944	742	78,6	147	15,6	55	5,8	-	-
8	Olt	2.335	1.323	56,7	554	23,7	139	6,0	319	13,7
9	Vedea	875	389	44,5	355	40,6	99	11,3	32	3,7
10	Argeş	2.325	1.836	79,0	408	17,5	50	2,2	31	1,3
11	Ialomiţa	1.175	450	38,3	196	16,7	267	22,7	262	22,3
12	Siret	4.135	2.369	57,3	1.235	29,9	199	4,8	332	8,0
13	Prut	1.588	356	22,4	615	38,7	216	13,6	401	25,3
14	Dunăre	1.225	636	51,9	459	37,5	130	10,6	-	-
15	Litoral	358	182	50,8	138	38,5	38	10,6	-	-
Total		22,012	13,405	60,9	5,506	25,0	1,386	6,3	1,716	7,8

Lacurile formate, în general, prin bararea unor cursuri de apă determină modificări ale indicatorilor de calitate şi aceasta se datorează stagnării apei din lac o anumită perioadă de timp, insolaţiei puternice din timpul verii etc. În general, apa lacurilor este limpede datorită decantării materialelor în suspensie şi apar procese de oxidare anaerobă datorită scăderii conţinutului în oxigen dizolvat, în special, în zona de fund. De aceea, apa lacurilor are un conţinut ceva mai ridicat în substanţă organică şi se poate dezvolta o biomasă fito şi zooplanctonică apreciabilă.

La nivelul anului 2000, analiza calităţii apei lacurilor din România a permis următoarele constatări:

✓ din cele 95 de lacuri investigate, 65 (68,42 %) s-au încadrat în categoria 1 de calitate; 14 (14,74 %) în categoria 2; 13 (13,68 %) în categoria 3 iar 3 (3,16 %) în categoria 4;

Scanned with OKEN Scanner

✓ stare bună a lacurilor a fost înregistrată în cuprinsul bazinelor hidrografice Tisa, Someş, Mureş, Bega, Timiş, Nera-Cerna şi Jiu (100 % în categoria 1);

✓ situaţie necorespunzătoare a stării lacurilor s-a înregistrat în cadrul bazinelor hidrografice Siret (categoria degradat - 11,1 %) şi Prut (categoria degradat - 11,1 %); în bazinul Litoral s-a evidenţiat îmbunătăţirea calităţii apei, înregistrându-se trecerea din categoria degradat în categoria 3 de calitate.

2.2.14 Poluarea radioactivă

Radioactivitatea este proprietatea unor elemente chimice de a se transforma, prin dezintegrare, în alte elemente şi emiterea unor radiaţii.

Substanţele radioactive emit radiaţii gamma, beta şi alfa. Primele sunt unde electromagnetice de mare frecvenţă şi foarte penetrante. Radiaţiile beta cuprind electroni cu viteza de deplasare apropiată de a luminii şi pătrund în ţesuturile vii până la câţiva centimetri iar radiaţiile alfa sunt foarte puţin penetrante. Sunt toxici, în special, derivaţii radioactivi ai elementelor care intră în constituţia materiei vii: C^{14}, P^{32}, Ca^{45}, S^{35}, I^{131} etc (*Chifu T.* şi colab., 1999).

Se distinge o radioactivitate naturală, provenită de la diferite corpuri cereşti, alta terestră, emisă de rocile care formează litosfera şi o radioactivitate artificială, provenită de la diferitele activităţi umane. Poluarea mediului apare la creşterea radioactivităţii artificiale care provine de la surse controlate (ciclotroane, generatoare de raze X, radioizotopi utilizaţi în laboratoare etc) şi necontrolate (experienţe nucleare, deşeuri radioactive etc).

Experienţele nucleare au început în perioada celui de-al doilea război mondial iar exploziile din anul 1945 ale celor două bombe atomice la Hiroshima şi Nagasaki au îngrozit omenirea. S-au continuat apoi cercetările şi experimentările cu substanţe radioactive, s-au construit centrale atomoelectrice şi s-au adunat cantităţi mari de deşeuri radioactive. Unele dintre aceste deşeuri provenite din laboratoarele de cercetare conţin radionuclizi cu timp de înjumătăţire scurt şi nu prezintă pericol mare. Acestea pot fi stocate în soluri argiloase la adâncime nu prea mare.

Alte deşeuri radioactive care provin de la diferite instalaţii nucleare au conţinut mic de energie termică dar masă solidă mare. Deşeurile radioactive din această categorie se pot stoca la adâncime mare în mine părăsite sau în peşteri nevizitate.

Deşeurile cu un conţinut ridicat de energie şi masă solidă mică, provenite de la reprocesarea unor combustibili nucleari uzaţi se depozitează temporar în depozite speciale prevăzute cu răcire corespunzătoare. Pentru stocarea lor se recurge la fostele depozite de sare sau granit, situate la mari adâncimi.

S-a mai încercat introducerea acestor deşeuri în recipiente de ciment, ceramică sau sticlă şi stocarea lor pe fondul mării sau oceanului, la adâncimi de circa 2500 m. S-a constatat însă că după 5 - 6 ani apa mării erodează aceste recipiente şi substanţele radioactive difuzează în apa din jur.

Scanned with OKEN Scanner

Poluarea radioactivă poate fi directă sau indirectă. Primul caz se produce la inhalarea aerului poluat datorită accidentelor de la reactoarele nucleari sau de la uzinele atomoelectrice, cum a fost cel de la Cernobîl, în anul 1986.

Poluarea radioactivă indirectă se produce datorită curenților de aer care transportă radionuclizii la mari distanțe și aceștia se depun pe sol, pe plante, la suprafața apei etc. La trecerea acestor substanțe din sol și apă în plante, animale și om se produce o concentrare foarte mare. Astfel, algele concentrează de 1.000 de ori substanțele radioactive existente în apă iar în corpul rațelor concentrația a sporit de 7.500 de ori și în ouăle lor de 200.000 de ori (*Chifu T.*, și colab., 1999). Rezultă deci că produsele vegetale și animale folosite în alimentația omului pot avea un conținut ridicat în substanțe radioactive în cazul poluării aerului, solului și apei. Determinări efectuate în România înainte și după avaria de la Cernobîl, din anul 1986, au arătat o creștere a conținutului în I^{129} de 5 - 6 ori la unele specii de legume (tab. 2.47). Unele elemente radioactive au durata de existență foarte îndelungată, cu perioada de înjumătățire de 17 milioane de ani la I^{129}, 5.568 ani la C^{14}, 160 zile la Ca^{45} etc.

Tabelul 2.47

Conținutul în iod^{129} (mg/100 g s.u.) la câteva specii de legume cultivate în România, înainte și după avaria de la Cernobîl (după *Teodoru V.* și colab., 1992)

Specia de legume	Înainte de avarie	După avarie	Specia de legume	Înainte de avarie	După avarie
Ardei	7,7	51,0	Morcov	26,6	35,0
Cartof	8,8	28,0	Pătrunjel frunze	10,2	25,0
Ceapă	14,7	30,0	Ridichi	7,2	37,0
Dovlecei	27,2	35,0	Spanac	30,5	37,0
Fasole	8,2	40,0	Ștevie	19,5	32,0
Leuștean	28,2	35,0	Tomate	16,8	62,0
Mazăre	21,0	29,0	Țelină	38,7	42,0
Mărar	5,9	45,0	Urzici	6,2	10,0

Cercetările au arătat că bacteriile rezistă cel mai bine la iradiere în timp ce mamiferele superioare și omul sunt foarte sensibile. Bacteria *Deinoccocus* radiodurans, rezistă la un nivel al radiațiilor de 1.000 de ori mai mare decât cel care provoacă moartea la om și poate valorifica chiar, deșeurile radioactive. Populația zonelor nepoluate de pe glob este supusă unei radiații naturale de 100 -150 mremi (1 mremi produce același efect ca și un roentgen de radiații X). Comisia Internațională de Protecție contra Radiațiilor a stabilit norma maximă de 5.000 mremi pe an pentru om. Efectele iradierii se manifestă prin arsuri, amețeli, dereglări intestinale etc. Ele sunt cancerigene, pot determina alterarea cromozomilor și modificarea codului genetic.

Pentru reducerea poluării radioactive trebuie să se respecte hotărârile internaționale care stipulează:

Scanned with OKEN Scanner

✓ renunțarea la exploziile nucleare experimentale;
✓ oprirea deversării deşeurilor radioactive în apele de suprafață sau depozitarea lor pe fundul mărilor şi oceanelor;
✓ detectarea şi oprirea la timp a scurgerilor de substanțe radioactive de la instalațiile nucleare;
✓ respectarea Tratatului de neproliferare a armelor nucleare.

2.2.15 Poluarea biologică

Solul este furnizor de elemente nutritive pentru plante dar şi recipient şi transformator pentru numeroase sortimente de deşeuri şi reziduuri, participând la purificarea mediului înconjurător.

Tabelul 2.48

Caracteristicile principale ale microorganismelor patogene conținute în reziduuri (după *Knoll* citat de *Gyula F.*, 1982)

Denumirea	Boala provocată	Pentru distrugerea în mediul umed		Vitalitatea	
		Tempe-ratura (°C)	Timpul de acțiune (min)	În reziduuri, în sol	Zile
Salmonella typhi	Febra tifoidă	55-60	5-30	Ape fecalo-menajere Gunoaie menajere	6 4-115
Salmonela paratyphi B	Febra paratifoidă	60	15-20	Ape fecalo-menajere Gunoaie menajere	24-136 23
Escherichia coli		60-68	15-20	Mâluri de ape fecalo-menajere Pământ arabil	80-360 200
Shigella dysenteriae	Dizenterie bacilară	55	60	Ape fecalo-menajere Gunoaie menajere	10-40 2-5
Mycobacte rium tuberculosis	Tuberculoză	55-65	5-60	Salivă Pământ arabil	120-200 150-180
Clostridium tetani	Tetanos	100	5-60	Pământ arabil	ani
Vibrio cholerae	Holeră	50	30-60	Ape fecalo-menajere Gunoaie menajere Materii fecale	1 2-5 20-30
Leptospira ictero haemorrhagiae	Boala Weill			Ape fecalo-menajere	60
Poliomyelitis virus	Paralizie infantilă	50-60	10-30	Ape fecalo-menajere	8-180
Hepatitis virus	Hepatita acută virală	60	240	Ape fecalo-menajere	180
Ascaris (ouă)	Limbricoză	50-55	60 5-7	Ape fecalo-menajere Gunoaie menajere Mâluri de ape fecalo-menajere	120 90 30

Scanned with OKEN Scanner

				Pământ arabil	ani
Trichinae spiralis	Trichinoză	65,5	1	Gunoaie menajere	100-180
Entamoeba hystolityca	Dizenterie ameboidă	45-50	5-30	Gunoaie menajere	40-50

Nămolul proaspăt, reziduurile menajere şi cele provenite de la spitale conţin un mare număr de microorganisme (bacterii, viruşi, salmonela, nematozi, ouăle diferiţilor viermi intestinali etc) care, pot produce poluarea solului şi a unor produse agricole. Determinările făcute la staţia de epurare Constanţa Nord au evidenţiat existenţa la 1 gram de nămol uscat, a unui număr de peste 55 milioane germeni incubaţi la 22 °C, peste 4 milioane bacili coliformi, 150 ouă *Ascaris*, 15 ouă de *Tricocephalus dispar,* 4 ouă de *Hymenolepis nona* precum şi germeni din genul *Salmonella tiphi,* bacili, coli etc (*Simota H.*, 1974). Pentru distrugerea acestor microorganisme trebuie să se facă pasteurizarea nămolului sau ozonificarea, clorinarea sau iradierea, dar toate acestea cer consum mare de energie. Durata de existenţă a acestor microorganisme variază de la 1 - 2 zile până la un an. După câteva luni de fermentare a nămolului, când temperatura depăşeşte 60 °C, o mare parte din aceste microorganisme dispar (tab. 2.48) şi cu avizul organelor sanitare, nămolul poate fi folosit ca îngrăşământ în agricultură. Dispariţia microorganismelor patogene poate fi controlată prin analiza microbiologică a nămolului şi prin aplicarea procedeelor de tratare a lui în staţia de epurare.

Cercetările epidemiologice ale grupului de lucru ONU de la Sevenage (1981), din cadrul Biroului pentru Europa a Organizaţiei Mondiale a Sănătăţii - Copenhaga, au dovedit ca agenţii patogeni cei mai periculoşi din nămol sunt cei din grupul *Salmonelelor* şi ouăle de tenie (*Taenia saginata*), mai puţin periculoşi fiind viruşii şi fungii. S-a constatat că sterilizarea nămolului în cadrul staţiei de epurare este o măsură neeficientă pentru protecţia sănătăţii întrucât, există multe alte surse de contaminare.

Bibliografie

1. Băloi V., Ionescu V., 1986 - *Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor şi inundaţiilor*, Editura Ceres, Bucureşti.
2. Barthier A. L., 1991 - *Insectes - un arsenal de plus en plus intelligent*, Sciences et technologies, nr. 36, Paris.
3. Bica I., 1998 - *Probleme complexe în contaminarea solului cu produse petroliere*, Îmbunătăţiri funciare şi construcţii rurale, nr. 1, Bucureşti.
4. Blidaru V. şi colab., 1997 - *Amenajări de irigaţii şi drenaje*, Editura Interprint, Bucureşti.
5. Brown L. R., 1991 - *Probleme globale ale omenirii*, Editura Tehnică, Bucureşti.
6. Brown L. R., 1996 - *Probleme globale ale omenirii. Starea lumii*, Editura Tehnică, Bucureşti.
7. Brown L. R., 1998 - *Probleme globale ale omenirii*, Editura Tehnică, Bucureşti.
8. Brown L. R., 1999 - *Starea lumii*, Editura Tehnică, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

9. Bucur D., 1998 - *Măsuri pentru reducerea eroziunii solului pe terenurile irigate din Depresiunea Jijia-Bahlui*, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi", Iaşi.
10. Cămăşoiu C., 1994 - *Economia şi sfidarea naturii*, Editura Economică, Bucureşti.
11. Canarache A. şi colab-, 1986 - *Compactarea terenurilor agricole din România în funcţie de restricţiile pedologice pentru irigaţii*, Analele ICITID, vol. IV, Bucureşti.
12. Canarache A. şi colab., 1984 - *Compactarea solului I Cauze şi efecte*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 9, Bucureşti.
13. Canarache A. şi colab., 1984 - *Compactarea solului II Extindere şi măsuri de prevenire*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 10, Bucureşti.
14. Chifu T. şi colab., 1999 - *Bazele protecţiei mediului înconjurător*, Editura Universitatea „Al. I. Cuza", Iaşi.
15. Coldrick J., 1975 - *Sewage as a resource*, New Scientist, 68, London.
16. Coman Gh. şi colab., 1996 - *Economia mediului*, Editura Moldovița, Iaşi.
17. Davidescu Velicica, Davidescu D., 1999 - *Compendium agrochimic*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
18. Davidescu D. şi colab., 1981 - *Agrochimia*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
19. Drăgan-Bularda M. şi colab., 2001 - *Influenţa unor poluanţi asupra microorganismelor şi enzimelor din sol*, Conferinţa Naţională pentru Ştiinţa Solului, Suceava.
20. Florea N. şi colab., 1972 - *Harta teritoriilor cu exces de umiditate din România*, Ştiinţa Solului, nr. 3 - 4, Bucureşti.
21. Florea N. şi colab., 1977 - *Harta eroziunii solului în R. S. România*, În: Folosirea raţională a terenurilor în pantă, Centrul de materiale de propagandă agricolă, Bucureşti.
22. Fürer O., 1983 - *Sewage sludge utilisation in agriculture*, Phoenix International, nr. 2.
23. Georgescu D. şi colab., 1993 - *Date preliminare privind poluarea furajelor produse la ICPCB Baloteşti*, Simpozionul Factorii de mediu şi sănătatea taurinelor, vol. III, Târgu Mureş.
24. Gobjilă W., 1985 - *Folosirea apelor uzate în agricultură*, Editura Ceres, Bucureşti.
25. Grosclaude G. Et al., 1999 - *L' eau - milieu naturel et maîtrise. Tom I*, INRA, Paris.
26. Grosclaude G. Et al., 1999 - *L' eau - usage et polluants. Tom II*, INRA, Paris.
27. Guş P. şi colab., 1998 - *Agrotehnica*, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.
28. Gyula F., Ursu P., 1972 - *Evacuarea şi valorificarea reziduurilor menajere*, Editura Tehnică, Bucureşti.
29. Hofmann V. et al., 1995 - *Öekologischer Weinbau*, Eugen Huner Verlag, Stuttgart.
30. Ionaşcu A., 2003 - *Impactul activităţilor umane asupra ihtiofaunei autohtone*, Academica, nr. 18, Bucureşti.
31. Ionescu Al. şi colab., 1994 - *Chimizarea agriculturii şi mediul înconjurător*, În: Ecologie şi Protecţia mediului, Editura Bacovia, Bacău.
32. Ionescu A., 1982 - *Fenomenul de poluare şi măsuri antropice în agricultură*, Editura Ceres, Bucureşti.
33. Ispas Şt., Marin D., 1994 - *Depoluarea terenurilor infestate cu ţiţei şi apă sărată*, Ecologie şi protecţia mediului - Constanţa, Editura Bacovia, Bacău.
34. Jalev I., 1999 - *Dunărea între Baziaş şi Sulina are nevoie de reconstrucţie ecologică durabilă*, România liberă, 1 XI, Bucureşti.
35. Klein I., 1962 - *River pollution. Causes and Effects*, London.
36. Kloke A., 1978 - *Effect of excess fertilization with Cu, Zn, Mo, Mn, F, Cd and Pb on the content of these elements in soil and plants and on different quality parameters*, III International Congress of Plant Pathology, München, Germany.

Scanned with OKEN Scanner

37. Lăcătuşu R. şi colab., 1997 - *Circuitul cadmiului în sistemul sol - plantă - animal din zona Copşa Mică*, Conferinţa Naţională pentru Ştiinţa Solului, Bucureşti.
38. Lăcătuşu V. şi colab., 1997 - *Măsuri de limitare a riscului acumulării nitraţilor în legume*, Hortinform, nr. 6, Bucureşti.
39. Lăcătuşu V., Voican V., 2001 - *Mijloace de protecţie a mediului şi consumatorului în cultura protejată a legumelor*, Hortinform, nr. 9, Bucureşti.
40. Lup A., 1997 - *Irigaţiile în agricultura României*, Editura Agris, Bucureşti.
41. Lupan E., 1993 - *Dreptul mediului*, Editura Lumina Lex, Bucureşti.
42. Maclean A. et al., 1969 - *Extractibility of Add Lead in Soil and its concentration in Plants*, Canadian Journal of Soil Sciences, vol. 40, nr. 3, Pinaura, Manitoba.
43. Mărăcineanu Fl., Lazăr T., 1992 - *Agricultura - actualitate şi perspectivă*, Lucr. şt., vol. XXXV, Îmbunătăţiri funciare, U.Ş.A.M.V. Bucureşti.
44. Măruţă I., Chiriac O., 1981 - *Probleme actuale ale apei în agricultură şi alimentaţie*, Editura Ceres, Bucureşti.
45. Meglei V., 1996 - *Contribuţii privind pregătirea pentru agricultură a nămolului din staţiile de epurare orăşeneşti*, Teză de doctorat, U. T. „Gh. Asachi", Iaşi.
46. Mihaiu Gh., Rădulescu Al., 1999 - *Studii şi cercetări privind terenurile agricole degradate din judeţul Sălaj şi reconstrucţia ecologică a acestora*, Lucr. simpoz. Prezent şi perspectivă în horticultură, U.Ş.A.M.V., Cluj-Napoca.
47. Milică C., 1999 - *Biotehnologiile viitorului*, Editura „Ion Ionescu de la Brad", Iaşi.
48. Negulescu M. şi colab., 1987 - *Epurarea apelor uzate industriale*, Editura Tehnică, Bucureşti.
49. Neumann V., 1993 - *Biogas und organischen Abfällen*, VHDE Schwartig Werfahren Abfällwischafts Jurnal, nr. 12, München, Deutschland.
50. Nicolescu C., 2004 - *Tehnica irigaţiei în provincia Hebei din China*, Editura Agir, Bucureşti.
51. Niţu I. şi colab., 1990 - *Lucrările agropedoameliorative*, Editura Ceres, Bucureşti.
52. Niţu I. şi colab., 2000 - *Lucrările agropedoameliorative*, Editura Agris, Bucureşti.
53. Oldeman R., 1991 - *World Mao of the Status of Human. Induced Soil Degradation*, Wageningen, Holland and Nairobi.
54. Oprea C. V., Lupei N., 1975 - *Echilibre şi dezechilibre în biosferă*, Editura Facla, Timişoara.
55. Oprea C. Vşi colab., 1975 - *Ameliorarea solurilor cu exces de umiditate*, Editura Facla, Timişoara.
56. Opriş T., 1987 - *Bios*, vol. II, Editura Albatros, Bucureşti.
57. Pintilie C., şi colab., 1999 - *Agrotehnica*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
58. Popescu Ch., Meglei V., Bucur D., 2002 - *Protecţia mediului şi valorificarea în agricultură a unor deşeuri, reziduuri şi ape uzate*, Editura Tehnopress, Iaşi.
59. Radu I. F., 1985 - *Tratat de tehnologie a fructelor şi legumelor*, Editura Scrisul românesc, Bucureşti.
60. Ramade Fr., 1989 - *Elements d'écologie. Ecologie appliquée*, Paris.
61. Răuţă C., Cîrstea S., 1983 - *Prevenirea şi combaterea poluării solului*, Editura Ceres, Bucureşti.
62. Răuţă C. şi colab., 1990 - *Starea calităţii solurilor agricole din România la finele anului 1989*, mediul înconjurător, vol. I, nr. 1, Bucureşti.
63. Răuţă C. şi colab., 1997 - *Monitoringul stării de calitate a solurilor din România*, Conferinţa Naţională de Ştiinţa Solului, Bucureşti.
64. Rinkis C., 1972 - *Optimizatia mineraluogopitania rastenii*, Izd. Znanie, Riga.

Scanned with OKEN Scanner

„Agricultura, ca ramură de producție,
este cea mai vastă uzină de pe pământ;
ea alcătuiește putința de viețuire
a omenirii și temelia progresului"
T. Saidel

III. FACTORII DE VEGETAȚIE ȘI DIRIJAREA LOR

Producția plantelor agricole depinde, în mare măsură, de condițiile pe care le oferă mediul înconjurător și de însușirile biologice ale speciei și soiului cultivat. Elementele chimice care alcătuiesc corpul plantei (*C*, *O*, *H*, *N*, *P*, *K* etc) sunt luate din apă, sol și atmosferă. Planta crește și se dezvoltă datorită fenomenelor de absorbție, asimilație clorofiliană, respirație și transpirație (fig. 3.1). Aceste fenomene sunt influențate de factori energetici (lumina și căldura), precum și de alți factori (aerul, apa și substanțele nutritive).

3.1 Lumina ca factor de vegetație

Planta verde este singura viețuitoare capabilă să transforme energia luminoasă solară în energie potențială, acumulând-o sub formă de substanță organică. Fenomenul de fotosinteză prezintă importanță deosebită pentru menținerea vieții pe planeta noastră căci asigură și oxigenul necesar tuturor viețuitoarelor. Acțiunea luminii asupra plantelor depinde de durata de iluminare, intensitatea luminii și calitatea ei.

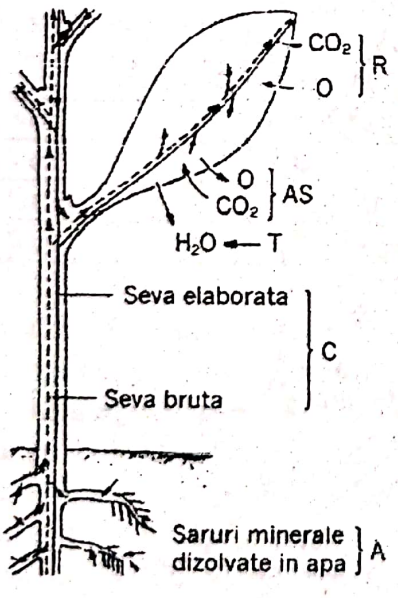


Fig. 3.1 Relația plantei cu mediul
R - respirație; AS - asimilație clorofiliană; T - transpirație;
C - circulația sevei; A - absorbția.

Durata de iluminare este influențată în special de latitudine și anotimp. În zona ecuatorială, lungimea zilei este constantă, de 12 ore, și cu cât ne îndepărtăm de ecuator spre poli, în timpul verii, lungimea zilei crește. Pe suprafața globului se disting deci, zile scurte și zile lungi, iar plantele adaptate să crească în condițiile respective se numesc plante de zi scurtă, de zi lungă sau indiferente (tab. 3.1).

La unele specii, cum ar fi grâul, se întâlnesc soiuri de zi lungă și soiuri de zi scurtă. Această însușire de adaptare a plantelor la durata perioadei de iluminare poartă numele de fotoperiodism. Dacă la plantele de zi lungă se scurtează durata zilei, ele cresc vegetativ mult dar fructifică puțin. Același lucru se întâmplă la plantele de zi scurtă, dacă se lungește durata zilei. La unele soiuri de cartof, zile lungi, de 17 - 18 ore, determină creșterea părților aeriene ale

Scanned with OKEN Scanner

plantelor dar nu se formează tuberculi sau se formează puțini, la capătul unor stoloni lungi. Zilele scurte, de numai 12 ore, determină formarea normală a tuberculilor (*Chirilei H.*, 1970).

Tabelul 3.1

Reacția plantelor la fotoperiodism (după *Davidescu Velicica* și colab., 1999)

Plante de zi scurtă		Plante de zi lungă				Plante indiferente	
Ardei	Mei	Bob	In	Ovăz	Sfeclă zahăr	Cartof	Rapiță
Bumbac	Porumb	Ceapă	Linte	Orz	Sfeclă furaj	Floarea	Salată*
Cartof	Salcâm	Fasole*	Mac	Rapiță	Tomate	soarelui	Tutun*
Dughia	Soia	Golomăț	Morcov	Ridiche	Trandafir	Hrișcă*	Varză*
Cânepă	Țelină	Grâu*	Muștar	Salată	Trifoi	Orz*	
Fasole	Topinambur	Hamei	Năut	Secară		Orez	
Grâu	Varză	Hrișcă*	Orez*	Spanac		Păstârnac	

* plante cu amplitudine fotoperiodică diferită după soi

Cercetări recente arată că fructificarea este influențată de fotoperiodism, deoarece sub influența luminii ia naștere un pigment, sensibil la radiații roșii și infraroșii, numit fitocrom, care stimulează sau inhibă înflorirea prin sinteza unui hormon floral, florigenul. Durata de iluminare variază în funcție de latitudine și altitudine. La noi în țară se disting 4 zone privind durata de însorire (fig. 3.2). Cea mai mare durată de strălucire solară (2281 ore pe an) se înregistrează la Constanța (tab. 3.2).

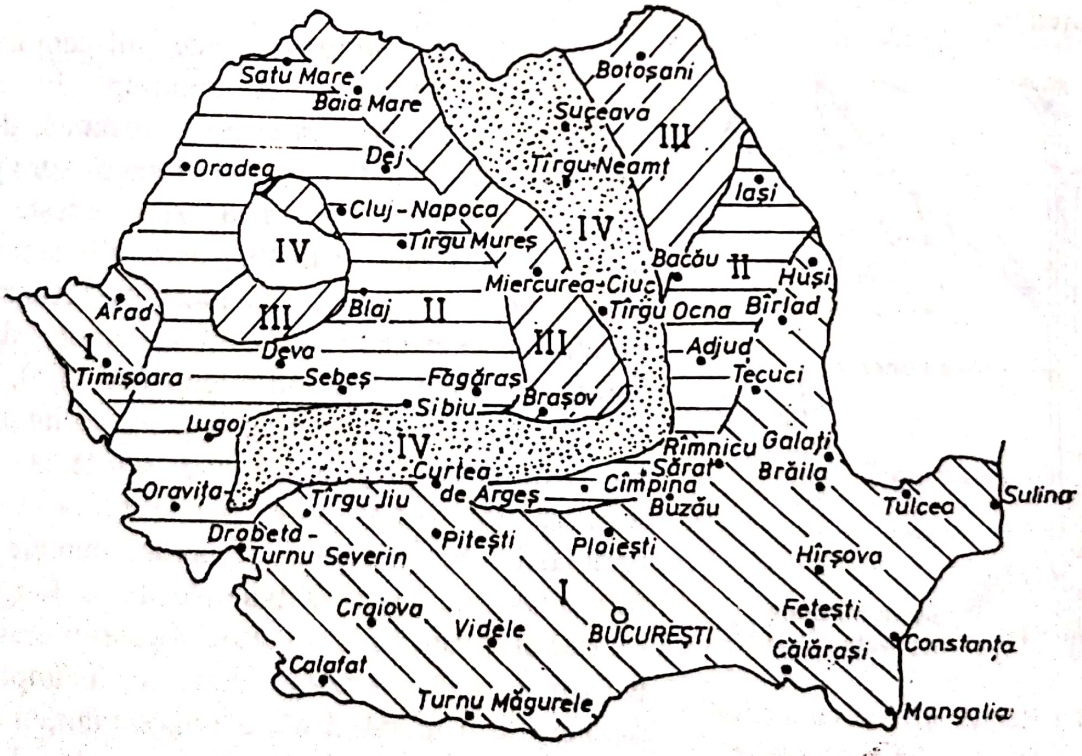


Fig. 3.2 Zonarea solară a României (după *Florescu M.*, 1988)
Zona I - 2200 ÷ 2400; zona II - 2000 ÷ 2200;
zona III - 1800 ÷ 2000; zona IV - sub 1800 ore însorire/an

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.2

Elemente climatice înregistrate în câteva zone din România

Localitatea	Altitudinea (m)	Temperatura medie anuală (° C)	Durata de strălucire a soarelui (ore)		Precipitații (mm)		ETP (mm)	ETR (mm)
			anual	IV-X	anual	IV-X		
Bacău	167	9,1	1992,0	1568,6	544,3	406,1	656	519
Bucureşti - Filaret	82	10,3	2242,4	1766,9	580,0	388^5	715	519
Caransebeş	201	10,5	2032,3	1582,9	737,2	499,7	694	635
Cluj	363	8,2	1987,8	1555,4	613,0	476,7	620	599
Constanța	32	11,2	2281,7	1799,9	378,8	235,4	697	370
Craiova	105	9,7	2181,2	1735,1	523,0	346,7	707	487
Curtea de Argeş	437	7,8	2074,2	1581,0	728,6	499,7	637	592
Fălticeni	335	9,6	1921,9	1479,7	635,0	508,1	608	608
Iaşi	100	10,5	1995,3	1587,7	517,8	369,9	675	493
Oradea	137	9,8	2092,2	1687,4	635,0	427,5	689	552
Sibiu	416	8,9	1924,1	1478,2	662,0	509,4	641	630
Târgu Jiu	210	10,2	2040,6	1615,5	753,0	479,8	669	571
Târgu Mureş	309	8,7	2004,0	1586,1	636,0	471,7	635	592
Turnu Severin	417	10,0	2176,7	1718,4	661.0	400,1	737	519
Timişoara	91	10,9	2122,5	1684,3	631,0	411,9	698	544

Tabelul 3.3

Influența expoziției versantului asupra repartiției luminii (după *Bordeianu T.*, 1963)

Expoziția versantului	Intensitatea luminii (%) față de direcția nord	
	Cer senin	Cer acoperit
Nord	100	100
Vest	119	123
Est	125	117
Sud	312	270

Intensitatea luminii se măsoară în lucşi şi este influențată de latitudine, altitudine, anotimp etc. Cu cât ne deplasăm de la ecuator spre poli intensitatea luminii scade, datorită creşterii distanței pe care o au de parcurs razele solare prin atmosferă. Tot din acest motiv, intensitatea luminii creşte odată cu altitudinea. Gradul de acoperire a cerului cu nori şi cantitatea de praf din atmosferă influențează, de asemenea, intensitatea luminii. Pe versantele sudice intensitatea luminii este de 2,7 - 3,1 ori mai mare decât pe cele nordice (tab. 3.3).

În condițiile climatice din țara noastră intensitatea luminii, în zilele de vară, ajunge la 100.000 lucşi. La creşterea intensității luminii până la 30.000 - 40.000 lucşi fotosinteza sporeşte. Astfel, la ovăzul cultivat în fitotron producția de boabe a sporit de la 31,1 g/vas la 39,6 g/vas la creşterea intensității luminii de la 18.000 lucşi la 29.000 lucşi (*Boguslawski E.*, 1981). Unele plante cum ar fi porumbul, grâul, floarea soarelui, sfecla, tomatele, castraveții, cireşul, caisul, vița de vie, cresc bine la lumină intensă şi se numesc heliofile (fotofile). Altele, cum ar fi fasolea, ceapa, ridichea, inul, trifoiul agrişul cresc bine şi la o intensitate mai redusă a luminii, numindu-se plante sciofile (umbrofile).

Scanned with OKEN Scanner

Intensitatea luminii influenţează şi calitatea recoltei. Astfel, fructele crescute în partea însorită a coroanei sunt mai gustoase, legumele din zonele călduroase şi însorite sunt mai bogate în glucide etc. Există şi plante care dau producţie de bună calitate la o intensitate redusă a luminii (conopida, sparanghelul etc). Din cantitatea totală de radiaţii ajunse la suprafaţa solului o parte sunt reflectate şi formează albedoul suprafeţei. Plantele cultivate în sere sau solarii primesc lumină de intensitate mai redusă deoarece o parte din radiaţii sunt absorbite de sticlă sau folia transparentă. La o intensitate mai redusă a luminii, în seră, trebuie diminuată şi temperatura pentru a reduce consumul de substanţe de rezervă prin respiraţie.

Lumina primită de la soare cuprinde radiaţii cu diferite lungimi de undă. Spectrul vizibil începe cu violet şi se termină cu roşu, având lungimile de undă cuprinse între 0,390 şi 0,760 μ. Radiaţiile infraroşii depăşesc 0,760 μ, iar cele ultraviolete au lungimea de undă sub 0,390 μ. Radiaţiile infraroşii cuprind cea mai mare parte din energia primită de la soare şi încălzesc mult suprafaţa globului. Radiaţiile ultraviolete au un rol biologic important, distrug unde microorganisme, stimulează germinaţia seminţelor şi îmbunătăţesc calitatea fructelor. Fotosinteza se produce mai intens sub influenţa radiaţiilor roşii, albastre, galbene, verzi etc. Cercetări cu atomi marcaţi au arătat că sub acţiunea radiaţiilor roşii şi galbene se sintetizează în special glucide, iar sub acţiunea celor albastre şi ultraviolete se sintetizează mai multe substanţe proteice. Compoziţia luminii este influenţată de latitudine, anotimp, nebulozitate etc.

Din cantitatea totală de energie luminoasă, venită de la soare în România (Delta Dunării) ajung 130 kcal/cm^2·an (*Budoi Gh.*, 1996). O parte din această energie este absorbită de plantă şi produce reacţiile fotochimice din corpul ei, o parte este reflectată şi o altă parte străbate corpul plantei. în medie, frunza absoarbe aproximativ 75 % din energia luminoasă ajunsă la suprafaţa ei, iar 25 % este reflectată sau trece prin frunză. Sunt absorbite în proporţie mare radiaţiile vizibile, dar un rol fiziologic deosebit de important îl au şi radiaţiile ultraviolete şi infraroşii, care participă la biosinteza proteinelor, acizilor nucleici etc.

Acţiunea luminii, ca factor de vegetaţie, se manifestă de la germinarea seminţelor şi până la maturitatea plantei. Astfel, seminţele unor plante (firuţă, păiuş etc) germinează bine la lumină, altele (alune de pământ, castraveţii) la întuneric, dar cele mai multe seminţe germinează bine şi la lumină şi la întuneric. După răsărire toate plantele agricole au nevoie de lumină. Dacă lumina este de intensitate redusă sau de scurtă durată, tulpina plantei se alungeşte, se îndoaie uşor, frunzele rămân mici şi de culoare galbenă (etiolate), ţesutul mecanic se formează în proporţie redusă, iar producţia rămâne scăzută şi de calitate inferioară. Fotosinteza începe după apariţia frunzelor, se intensifică odată cu sporirea suprafeţei foliare şi scade către maturitatea plantelor. Odată cu îmbătrânirea, frunzele îşi reduc capacitatea de absorbţie a luminii. Cea mai mare parte din energia luminoasă absorbită de plantă se transformă în căldură şi provoacă transpiraţia, iar 2 - 5 % este transformată în energie chimică. Coeficientul de utilizare a energiei luminoase variază de la o specie la alta (floarea soarelui - 4,5 %, porumb - 2,5 %, cartof - 3,02 %, sfeclă - 2,12 % etc).

Scanned with OKEN Scanner

Lumina poate fi dirijată direct numai în sere şi solarii, iar în câmp se pot aplica unele măsuri agrotehnice care măresc posibilitatea de utilizare a luminii. Astfel, la zonarea culturilor pe teritoriul ţării este necesar să se ţină seama şi de afluxul de energie luminoasă din fiecare zonă, în cursul perioadei de vegetaţie. Plantele umbrofile se pot cultiva sub formă de culturi ascunse sau intercalate. Culturile succesive pe terenuri irigate, pot valorifica bine energia luminoasă în a doua jumătate a verii, dacă sunt plante de zi scurtă. La stabilirea epocii de semănat, trebuie să se ţină seama şi de cerinţele faţă de lumină din cursul vegetaţiei diferitelor specii de plante. Densitatea plantelor şi repartiţia lor pe teren influenţează, de asemenea, gradul de folosire a luminii. Orientarea rândurilor pe direcţia N - S face ca plantele să utilizeze mai bune lumina. Distrugând la timp buruienele, se înlesneşte pătrunderea luminii până la plante. Pe pantele cu expoziţie sudică se recomandă cultivarea plantelor heliofile iar pe versante nordice a celor umbrofile. Fotosinteza poate fi stimulată printr-o fertilizare potrivită dar este influenţată în mare măsură, de diferite substanţe toxice din atmosferă. Astfel, bioxidul de sulf, în concentraţie de 0,5 %, reduce intensitatea fotosintezei cu 75 %, iar acidul fluorhidric, hidrogenul sulfurat, compuşii organici incomplet incineraţi şi alte substanţe ce produc poluarea aerului, inhibă fotosinteza.

În general, din produsele realizate ca efect al fotosintezei, 30 - 50 % se consumă în procesul de respiraţie iar recolta depinde mult şi de intensitatea fotosintezei, suprafaţa foliară a plantelor ce cresc pe 1 m^2 de teren, numărul zilelor de vegetaţie, durata zilei şi coeficientul recoltei agricole. Intensitatea fotosintezei este cuprinsă, în mod obişnuit, mtre 5 şi 10 g biomasă pe m^2 şi pe zi. Suprafaţa foliară potrivită la culturile neirigate este de 2 - 3 ori mai mare decât suprafaţa terenului cultivat, iar la culturile irigate de 3 - 4 ori mai mare decât suprafaţa terenului. Reducerea suprafeţei foliare cu 25 % a determinat scăderea producţiei cu 18,5 - 24,2 % la porumb şi cu 17,6 - 21,2 % la floarea soarelui şi a micşorat conţinutul recoltei în proteine şi grăsimi (*Popescu Ch.* şi colab., 1971). Numărul zilelor de vegetaţie este mai mare la soiurile târzii şi mai mic la cele precoce. Durata zilei este mai mare în lunile iunie, iulie, iar plantele care au o masă foliară bogată în această perioadă dau recolte mari. Cantitatea totală a biomasei produsă de plantă poartă numele de recoltă biologică, iar cantitatea de biomasă acumulată în organele plantei valoroase din punct de vedere economic, se numeşte recoltă agricolă. La grâu, de exemplu, recolta agricolă reprezintă 1/4 până la 1/2 din recolta biologică. Când suprafaţa foliară este prea mare, recolta poate fi mai scăzută.

3.2 Căldura ca factor de vegetaţie

Principala sursă de căldură pentru planeta noastră o constituie soarele. Solul se încălzeşte cu 1,94 cal/min·cm^2 sau circa 1000 cal/cm^2 în decurs de 24 ore. Această energie calorică este formată din raze infraroşii 51 % din radiaţia solară, lumină vizibilă 41 % şi raze X şi ultraviolete 8 %. O parte din aceste radiaţii sunt reflectate în atmosferă, iar albedoul exprimă în procente radiaţiile reflectate (tab. 3.4).

Scanned with OKEN Scanner

încălzirea solului scade cu adâncimea şi este influenţată de capacitatea şi conductibilitatea calorică a componentelor sale. Prin capacitate calorică sau căldură specifică se înţelege cantitatea de căldură necesară pentru a ridica temperatura unui gram (sau a unui cm^3) de sol de la 14,5 °C la 15,5 °C. Ea depinde de componentele solului şi, în special, de apă şi aer (tab. 3.5). Pentru agricultură, lucrări de îmbunătăţiri funciare, construcţii etc, interesează adâncimea maximă de îngheţ în timpul iernii, în zona de câmpie şi podiş din ţara noastră aceasta variind între 50 şi 110 cm.

Tabelul 3.4

Valoarea albedoului diferitelor suprafeţe (după *Berbecel O.* şi colab., 1970)

Natura suprafeţei	Radiaţii reflectate (%)	Natura suprafeţei	Radiaţii reflectate (%)
Apă de mare	3 - 7	Păşune umedă	19 - 20
Apă de râu	3 - 10	Sfeclă	18
Zăpadă proaspătă	80 - 90	Lucerna	21
Zăpadă veche (prăfuită)	40 - 60	Mirişte	15 - 17
Arătură uscată	12 - 25	Grâu de toamnă	16 - 23
Arătură umedă	5 - 14	Pădure de foioase	20 - 35
Nisip umed	9	Pădure de conifere	10 - 18
Nisip uscat	28 - 38		

Tabelul 3.5

Capacitatea şi conductibilitatea calorică a principalelor componente ale solului

Componente	Capacitatea calorică (cal/cm^3)	Conductibilitatea calorică ($cal/cm^2 \cdot sec$)
Nisip	0,517	0,019
Argilă	0,576	0,004
Calcar	0,582	0,009
Humus	0,601	0,0003
Apă	1	0,0014
Aer	0,00036	0,00005

Tabelul 3.6

Variaţia temperaturii în solul drenat şi nedrenat

Temperatura aerului (°C)	Temperatura (°C)	
	Sol drenat	Sol nedrenat
7,0	10,0	6,6
7,2	8,3	6,9
11,7	12,8	10,6
15,8	19,4	12,2
17,7	21,2	14,4

În general, solurile umede sunt reci, deoarece capacitatea calorică a apei este mai mare decât a celorlalţi componenţi. Prin îndepărtarea excesului de apă din sol (drenaj) se creează condiţii bune de încălzire a acestuia (tab. 3.6).

Solurile de culoare închisă se încălzesc cu 1 - 2 °C mai mult

Scanned with OKEN Scanner

decât cele deschise la culoare. Vara, sub covor vegetal, temperatura este cu 5 - 8 °C mai scăzută decât pe teren descoperit. Aceasta depinde de densitatea plantelor, gradul de umbrire etc.

Versantele cu expoziție sudică se încălzesc cu 3 - 5 °C mai mult decât cele cu expoziție nordică (tab. 3.7).

Tabelul 3.7

Temperatura solului (°C) în diferite anotimpuri în luncă, vale şi pe versante (după *Guş P.*, 1998)

Înregistrare		Luncă	Vale	Versante cu expoziție			
data	ora			S	N	E	V
Primăvara 1 mai	7			10,0	8,0	7,0	8,0
	13			23,7	18,5	21,0	20,0
	19			18,3	15,3	17,0	17,7
Vara 5 august	media	15,0	14,3	17,0	13,0	15,0	15,5
	7			20,0	18,0	18,0	17,0
	13			26,0	23,0	24,0	25,0
	19			23,0	20,0	21,3	22,4
Toamna 25 octombrie	media	21,0	22,0	23,0	20,0	21,0	21,0
	7			2,0	1,0	1,0	2,0
	13			18,0	14,0	17,0	17,5
	19			11,9	8,0	10,2	11,4
Media		10,0	9,0	10,0	7,0	9,0	10,0

În emisfera nordică, temperatura scade cu 0,5 °C pentru fiecare grad de latitudine şi cu 0,5 - 0,6 °C pentru 100 m altitudine. Descompunerea substanței organice, condensarea vaporilor de apă, fenomenele electrice şi radioactive contribuie, de asemenea, la încălzirea solului. La descompunerea unei tone de gunoi de grajd se eliberează 2 - 4 milioane de calorii mari. Deoarece zăpada are conductibilitatea calorică mică (0,001 cal/cm^2·sec), un strat de zăpadă afânată menține la suprafața solului o temperatură mai ridicată decât a atmosferei. Vara, solurile nisipoase se încălzesc mai mult decât cele argiloase. Prin irigare se micşorează amplitudinea de variație a temperaturii solului şi aerului. Astfel, *Botzan M.* (1966) arată că pe terasa Brăilei, într-o cultură de porumb, la 15 cm deasupra solului, temperatura aerului era cu 6 °C mai mică pe parcela irigată față de cea neirigată, iar umiditatea relativă a aerului a crescut cu 6 - 8 %.

Plantele agricole cresc şi se dezvoltă la temperaturi cuprinse între 0 şi 50 °C. Din punct de vedere al exigenței față de căldură, plantele se împart în trei grupe: microterme, mezoterme şi megaterme. Plantele microterme se dezvoltă la temperaturi cuprinse între 0 şi 15 °C, cele metozerme între 15 şi 40 °C, iar cele megaterme necesită temperaturi mai mari de 40 °C. Plantele agricole şi cele spontane din regiunile temperate sunt mezoterme. La cele mai multe plante fotosinteza începe la temperatura în jur de 0 °C, se intensifică până la 30 - 32 °C, apoi scade treptat şi la 47 - 53 °C încetează (fig. 3.3).

Scanned with OKEN Scanner

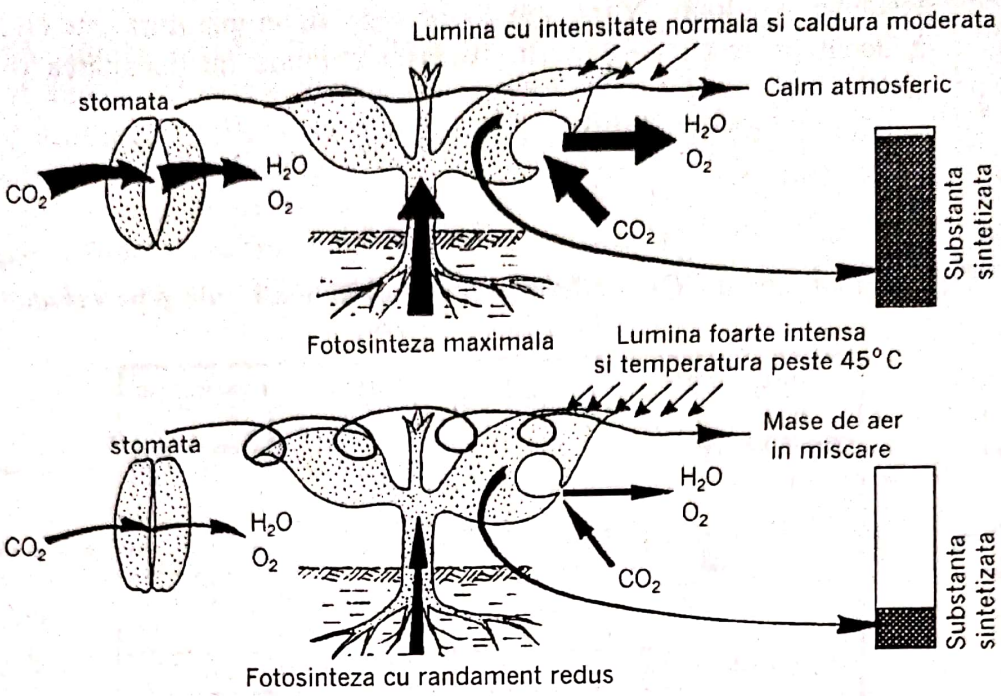


Fig. 3.3 Influența intensității luminii și a căldurii asupra activității fotosintetice (după *Soltner D.*, 1992)

Variațiile de temperatură dintr-o anumită zonă geografică sunt atenuate de asociațiile vegetale. Așa, de exemplu, pădurea apără plantele anuale de frigurile timpurii de toamnă și micșorează arșița zilelor de vară.

Plantele folosesc, în timpul vieții lor, căldura din aer și din sol. Se pot distinge temperaturi minime, optime sau maxime pentru germinarea semințelor și creșterea plantelor (tab. 3.8). În general semințele speciilor ce provin din regiuni calde germinează la o temperatură mai ridicată (porumb, fasole, tomate etc). În funcție de temperatura minimă de germinare a seminței se stabilește epoca de semănat la culturile de primăvară (tab. 3.9). Durata de germinare a seminței este cu atât mai scurtă cu cât temperatura e mai apropiată de nivelul optim. Secara germinează la 4,3 °C în patru zile iar la 15,7 °C într-o zi. Cerințele plantelor față de căldură se exprimă prin constanta termică (suma gradelor de temperatură utilă) care reprezintă suma temperaturilor medii zilnice mai mari de 5 °C din perioada de vegetație a plantei respective (tab. 3.10).

Față de temperaturile mai mici de 0 °C sau cele mai mari de 30 °C, speciile de plante se comportă diferit. Astfel, orzul de toamnă rezistă în timpul iernii, până la -15 °C, grâul până la -20 °C, mărul până la -35 °C, piersicul până la -24 °C vița de vie până la -18 °C etc. Dintre culturile semănate primăvara, mazărea rezistă până la -8 °C, ovăzul până la -9 °C etc. Alte culturi, cum ar fi orezul, tomatele ș.a., sunt foarte sensibile la temperaturi scăzute. În funcție de rezistența la temperaturi scăzute, speciile de pomi fructiferi și soiurile de viță de vie se împart în câteva grupe:

- ✓ foarte rezistente la frig (mărul, vișinul, vițele americane etc);
- ✓ rezistente (părul, cireșul, soiurile de viță de vie Coarnă albă, Fetească Regală etc);

Scanned with OKEN Scanner

✓ potrivit rezistente (cireşul, nucul, soiurile de viţă de vie Pinot, Traminer etc);
✓ slab rezistente (smochinul, migdalul, soiurile de viţă de vie Chasselas, Afuz-Ali etc).

Tabelul 3.8

Temperatura minimă, optimă şi maximă de germinare a seminţelor la diferite specii de plante

Specia	Temperatura (°C)		
	minimă	optimă	maximă
Grâu	1 - 2	25	30
Orz	1 - 2	25	30
Ovăz	1 - 2	25	30
Mazăre	1 - 2	25	30
Lucernă	0 - 1	20	28
Porumb	8 - 10	37 - 45	46 - 48
Soia	8 - 10	37	38 - 40
Fasole	8 - 10	32	46
Cartof	5 - 6	25	30
Sfeclă	3 - 4	25	35
Floarea soarelui	5 - 6	25	35

Tabelul 3.9

Temperatura minimă de germinaţie pentru diferite culturi (după *Budoi Gh.* şi colab., 1996)

Cultura	(° C)	Cultura	(° C)
Perioada I. Urgenţa I		*Perioada a II - a. Urgenţa I*	
Orzoaică de primăvară	1 - 2	Cânepă pentru fibră	8
Ovăz, borceag de primăvară	1 - 4	Porumb	8
Grâu de primăvară	1 - 2	Sorg pentru boabe	12
Mazăre de câmp	1 - 3	Soia	7 - 8
Lucernă şi trifoi	1 - 2	Fasole, tomate	8
Spanac, salată, morcov, pătrunjel, ceapă, mărar, ridichi de lună şi de vară	2 - 3	Ricin	8 - 9
Perioada I. Urgenţa a II - a		*Perioada a II - a. Urgenţa a II - a*	
In pentru fibră	5 - 6	Orez	11 - 12
In pentru ulei şi fibră	4 - 5	Bumbac	12
Gulii furajere	4 - 5	Tutun	8 - 10
Sfeclă pentru zahăr	5	Bostănoase (castravete, pepene, dovlecel)	12 - 14
Sfeclă furajeră	5 - 6		
Cartof	6 - 7		
Floarea soarelui:			
soiuri	6 - 7		
hibrizi	7 - 8		

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.10

Constanta termică
a câtorva specii de plante

Specia	Constanta termică (°C)
Orez	3.000 - 4.500
Mazăre	1.325 - 1.900
Secară	1.700 - 2.126
Grâu	2.000 - 2.300
Ovăz	1.940 - 2.310
Cartof	1.300 - 3.000
Sfeclă	2.400 - 3.700
Porumb	1.700 - 2.500
Floarea soarelui	1.700 - 2.500
Soia	2.000 - 3.000
Orz de primăvară	1.700 - 1.800

De regulă, plantele suferă la temperaturi scăzute, în special, în perioada de înflorire. Pentru a împiedica distrugerea plantelor de către brume sau înghețuri târzii se pot crea nori artificiali de fum, se aplică irigațiile antigel etc. Absorbția apei de către semințe este influențată de temperatură; astfel, la 24 °C boabele de grâu absorb din sol de două ori mai multă apă decât la 4 °C. De cele mai multe ori, absorbția apei de către plante începe la 1 - 2 °C, creşte cu temperatura până la 30 - 40 °C şi apoi scade. Temperatura optimă de absorbție a apei variază de la o specie la alta şi plantele pretențioase față de căldură nu pot absorbi apa din sol la temperaturi scăzute, fenomenul numindu-se secetă fiziologică. La temperaturi ridicate se intensifică procesul de respirație a plantelor şi prin aceasta se consumă mari cantități de substanțe de rezervă. Transpirația, de asemenea, se intensifică şi ca urmare se formează la cereale, în condiții de secetă, boabe mici şi zbârcite (şiştave). În general, respirația, absorbția, substanțelor nutritive transportul substanțelor elaborate şi creşterea plantelor se desfăşoară mai activ la temperatura optimă, potrivită fiecărei specii (30 °C - 34 °C la porumb, 12 - 20 °C la grâu etc). Variațiile moderate de temperatură, de la zi la noapte, stimulează creşterea plantelor. Căldura influențează şi activitatea microorganismelor din sol; la temperatura de 15 - 30 °C acestea descompun intens substanța organică, asigurând plantelor o bună nutriție.

Căldura, ca factor de vegetație, poate fi dirijată numai în sere, răsadnițe, adăposturi etc iar în câmp poate fi influențată prin diferite mijloace agrotehnice, Astfel, afânarea solului prin lucrări repetate determină transmiterea mai rapidă a căldurii atmosferice în straturile adânci ale solului Plantele pretențioase față de căldură se însămânțează în răsadnițe şi apoi se transplantează în câmp. Pe terenurile însămânțate din toamnă se face reținerea zăpezii. Prin acoperirea solului cu resturi organice, de culoare închisă sau deschisă (mulcirea) se favorizează sau se împiedică încălzirea lui. Irigarea determină primăvara încălzirea sau vara răcirea solului şi a aerului după temperatura apei folosite. Prin combaterea buruienilor se înlesneşte iluminarea şi încălzirea solului.

3.3 Aerul ca factor de vegetație

Aerul este un amestec de gaze (tab. 3.11), unele dintre acestea (oxigenul, bioxidul de carbon, şi azotul) având un rol important în viața plantelor. Ozonul, care se află în cantități mai mari la 25 - 35 km înălțime în atmosferă, absoarbe radiațiile ultraviolete ale soarelui şi protejează organismele vii de acțiunea lor

Scanned with OKEN Scanner

dăunătoare. Proporția diferitelor gaze care alcătuiesc aerul din sol se schimbă, față de aerul atmosferic pentru că în spațiul lacunar al solului se acumulează mai mult bioxid de carbon şi mai puțin oxigen, datorită respirației rădăcinilor şi altor funcții vitale ale microorganismelor. Rădăcinile plantelor au nevoie atât de apă cât şi de aer, de aceea prin lucrările aplicate solului trebuie să se creeze un raport de 2/3 apă şi 1/3 aer.

Tabelul 3.11

Compoziția aerului atmosferic şi din sol

Componente	Aerul atmosferic (%)		Aerul din sol (% din volum)
	volum	greutate	
Azot	78,31	75,55	79,0
Oxigen	20,87	23,22	19,0
Bioxid de carbon	0,03	0,05	1,0 - 0,3
Argon	0,77	-	0,76
Alte gaze	0,03	-	urme
Vapori de apă	0,1 - 0,2	-	variabil

Oxigenul din aerul atmosferic este tot atât de necesar pentru plante ca şi pentru alte viețuitoare. În procesul respirației, oxigenul pătrunde în corpul plantei şi în urma oxidărilor care au loc se produce energia cu ajutorul căreia se sintetizează substanța organică. Planta respiră nu numai prin organele aeriene, ci şi prin organele subterane (rizomi, tuberculi, rădăcini) şi de aceea aerul din sol trebuie să conțină suficient oxigen. *Staicu I.* (1969) arată că la o cultură de cartof se consumă zilnic prin rădăcini 0,394 litri oxigen pe m^2 iar la tutun 0,580 litri pe m^2. Respirația se produce intens, în special în perioada de germinare a semințelor. Unele plante necesită cantități mari de oxigen la germinare (porumb, grâu, mazăre, fasole), alte cantități mai mici (orez, morcov, lucerna, trifoi). În condițiile climatice din țara noastră, oxigenul din aerul solului nu trebuie să scadă sub 15 - 18 %. Pe terenurile unde bălteşte apa plantele tânjesc şi mor deoarece oxigenul din aerul solului este în cantitate insuficientă iar absorbția apei şi a substanțelor nutritive nu se produce normal. Aceste terenuri trebuie drenate când excesul de apă provine din pânza freatică sau desecate când apa provine din băltire. Unele plante, cum ar fi orezul, cresc bine şi pe terenuri unde aerul are un conținut mai scăzut de oxigen, datorită unui țesut bogat în aer (aerenchim), iar altele, ca porumbul sau tutunul, nu suportă băltirea apei şi insuficiența oxigenului. Microorganismele aerobe şi procesele de oxidare din sol consumă, de asemenea, oxigen.

Bioxidul de carbon este tot atât de important pentru viața plantelor ca şi oxigenul, căci numai în prezența lui se poate face asimilația clorofiliană. Pădurile fixează anual circa 250 t/ha bioxid de carbon, culturile agricole 149 t/ha iar pajiştile 43 t/ha (*Tufescu V.*, 1981). Bioxidul de carbon din atmosferă provine din respirația tuturor viețuitoarelor, din oxidări şi din descompunerea substanțelor organice din sol (fig. 3.5). Cantitatea de bioxid de carbon ce se degajă de pe un hectar de teren,

Scanned with OKEN Scanner

în timpul vierii, ajunge la 5 kg/oră. Unele plante, cum ar fi lupinul şi cartoful, degajă prin respiraţie mai mult bioxid de carbon, iar altele, ca orezul sau ovăzul, mai puţin. Când concentraţia în bioxid de carbon a aerului din sol depăşeşte 1 %, devine vătămător pentru viaţa plantelor şi microorganismelor şi frânează absorbţia apei de către rădăcini. În aerul atmosferic, proporţia de bioxid de carbon este mai mare la suprafaţa solului decât la înălţime întrucât acest gaz este ceva mai greu decât aerul. Sporirea proporţiei de bioxid de carbon în aerul atmosferic până la 0,28 % intensifică asimilaţia clorofiliană la unele plante de trei ori. În sere se poate spori concentraţia în CO_2 a aerului folosind gheaţă carbonică sau bioxid de carbon lichefiat în butelii iar în răsadniţe prin fermentarea gunoiului de grajd. Efectul favorabil al conţinutului sporit de CO_2 în aer se resimte bine la temperatura de 28 - 30 °C şi la lumină intensă (fig. 3.4).

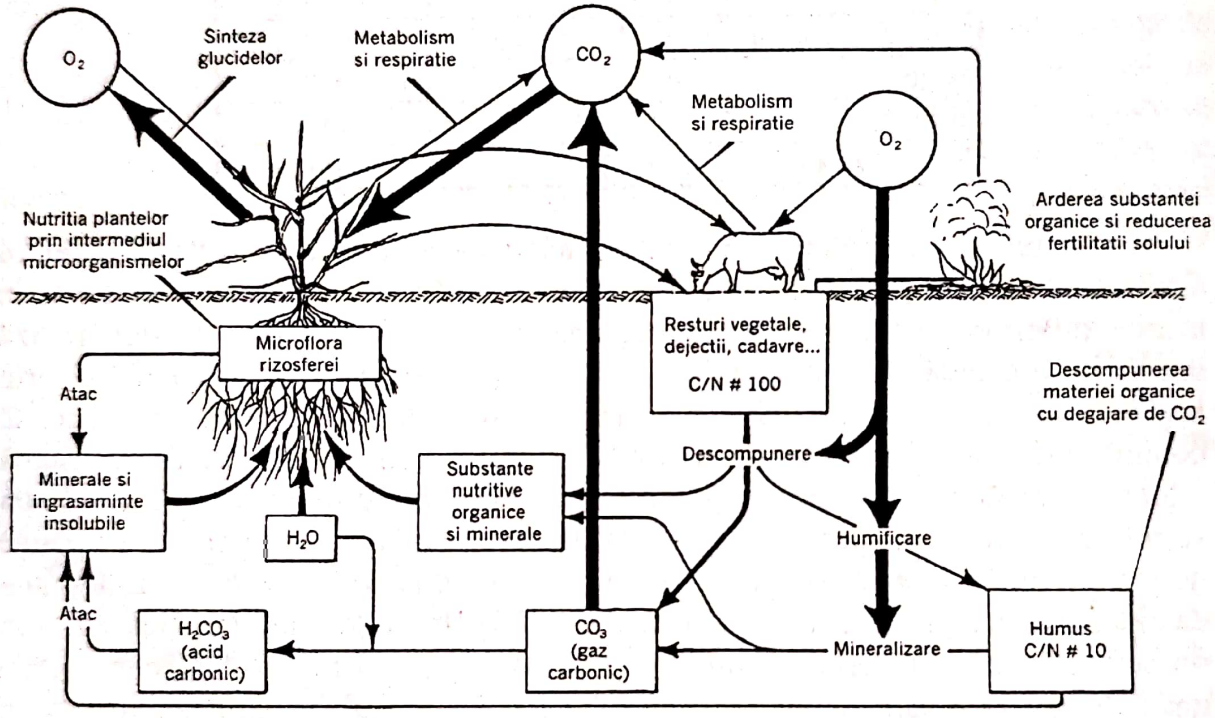


Fig. 3.4 Circuitul carbonului în natură (după *Soltner D.*, 1992)

Bioxidul de carbon are şi un rol indirect în nutriţia plantelor, căci la 20 °C se dizolvă în apă (în proporţie de 75 cm^3 la 100 cm^3 apă) şi măreşte capacitatea acesteia de solubilizare a substanţelor minerale, acestea devenind mai uşor accesibile pentru plante. Din sol se elimină în atmosferă 0,01 -1,50 g $CO_2/m^2 \cdot$oră, prin aşa numitul proces de respiraţie a solului.

Azotul din aerul atmosferic nu influenţează direct viaţa plantelor, căci ele pot folosi numai azotul din sol, unde aceasta se află sub formă nitrică sau amoniacală. În mod indirect el îndeplineşte însă un rol important, întrucât în urma unor procese chimice şi biochimice, se transformă în compuşi cu azot accesibili plantelor.

Descărcările electrice din atmosferă provoacă unirea azotului cu oxigenul formându-se oxizi de azot, care împreună cu apa dau acidul azotic, iar acesta

Scanned with OKEN Scanner

împreună cu bazele din sol formează azotaţi folosiţi de plantele superioare şi microorganisme. În atmosferă există totdeauna cantităţi mari de azot iar bacteriile nesimbiotice (*Azotobacter*) şi simbiotice (*Rhizobium*) fixează o parte din azotul din aer, transformându-l în compuşi organici şi, după descompunerea lor, azotul devine accesibil plantelor în cantităţi de 50 - 200 kg/ha anual.

Amoniacul se găseşte în atmosferă în cantităţi foarte mici. Numai în preajma unor centre industriale proporţia de amoniac din atmosferă poate fi ceva mai mare. În aerul solului, proporţia de amoniac este totdeauna mai mare decât în atmosferă, căci el se formează prin descompunerea substanţei proteice. O parte din amoniacul din sol se pierde în atmosferă iar o altă parte contribuie la formarea azotaţilor, care pot servi ca hrană pentru plante (fig. 3.5).

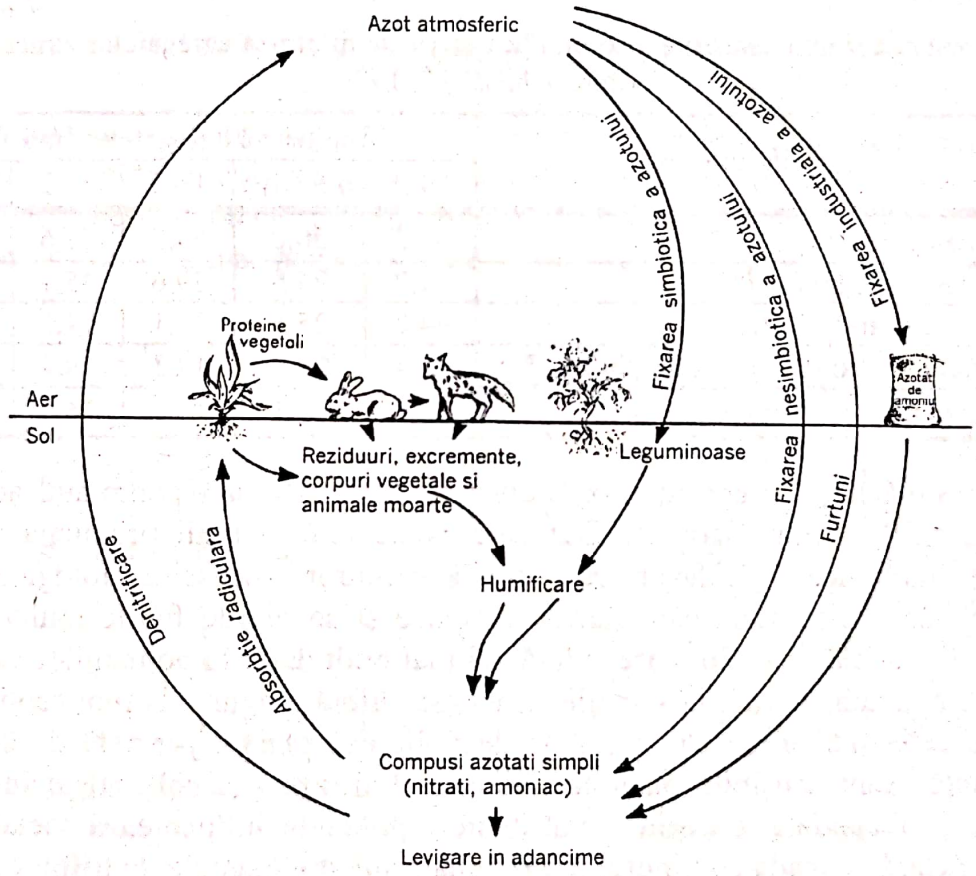


Fig. 3.5 Circuitul azotului în natură (după *Bonciarelli F.* et al., 1998)

Vaporii de apă din aerul solului nu sunt absorbiţi de plante dar joacă un rol important în viaţa lor, deoarece circulă uşor, omogenizează umiditatea solului şi prin condensare formează roua interioară. Vaporii de apă din atmosferă contribuie la menţinerea căldurii la suprafaţa globului, deoarece absorb căldura radiată de la sol.

Împrospătarea continuă a aerului din sol datorită difuziei (omogenizarea presiunii gazelor) împiedică acumularea bioxidului de carbon în cantitate prea mare şi favorizează creşterea plantelor. Se apreciază că datorită difuziunii, în 5 secunde

Scanned with OKEN Scanner

se primeneşte aerul din sol până la adâncimea de 1 cm, iar în 8 minute şi 18 secunde până la 10 cm (*Ionescu Siseşti* Gh. şi colab., 1958).

Primenirea aerului este influenţată şi de variaţiile de temperatură, care determină dilatarea sau contracţia lui. Vântul, precipitaţiile şi variaţia presiunii atmosferice influenţează, de asemenea, schimbarea aerului din sol. Animalele, care sapă galerii, contribuie şi ele la aerisirea solului. Irigarea intermitentă, precum şi lucrările aplicate solului înainte şi după semănat contribuie la afânare, sfărâmarea crustei sau a hardpanului şi o primenire mai bună a aerului din sol. Îngrăşămintele organice şi amendamente îmbunătăţesc însuşirile fizice ale unor soluri şi aerisirea lor. Aerul din solurile bine structurate conţine mai mult oxigen (tab. 3.12). În cazul solurilor excesiv de afânate (nisipoase) se intervine cu tăvălugirea.

Tabelul 3.12

Porozitatea şi alte însuşiri ale solului în funcţie de mărimea agregatelor structurale (după *Chiriţă C.*, 1974)

Însuşirile solului	Diametrul agregatelor (mm)				
	< 0,5	0,5 - 1,0	1 - 2	2 - 3	3 - 5
Porozitatea totală (%)	47,5	50,0	54,7	59,6	62,6
Porozitatea necapilară (%)	2,7	24,5	29,6	35,1	38,7
Porozitatea capilară (%)	44,8	25,5	25,1	24,5	23,9
Conţinutul în oxigen al aerului din sol (%)	5,4	18,6	19,3	19,4	-
Formarea nitraţilor (mg N/kg sol)	9,0	19,1	-	34,0	45,8

În vecinătatea întreprinderilor industriale sporeşte mult conţinutul aerului în oxizi de sulf, carbon, azot etc fapt care poate reduce mult producţia plantelor agricole, împiedicând desfăşurarea normală a tuturor proceselor biologice. Astfel, SO_2 blochează stomatele care rămân deschise şi se pierde foarte multă apă din ţesuturi. Organele plantelor care suferă cel mai mult datorită poluanţilor variază de la o specie la alta. Astfel, la speciile lemnoase suferă mugurii, la monocotiledonate frunzele cele mai tinere etc. Faza de dezvoltare a plantei prezintă de asemenea importanţă. Sunt sensibile plantele tinere în 3 frunze sau cele aflate în faza de înflorire şi fecundare a florilor. Substanţele poluante influenţează metabolismul plantei făcând să scadă conţinutul în proteină brută din plantele de trifoi, conţinutul în zahăr al sfeclei sau cantitatea de amidon din cartofi. Urmărind comportarea diferitelor specii faţă de poluanţi se pot distinge specii sensibile şi specii puţin sensibile. Astfel, faţă de SO_2 sunt sensibile lucerna, fasolea, orzul, ovăzul, grâul, varza, tutunul etc. Combinaţiile gazoase ale fluorului distrug plantele din familiile *Polygonaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cariophilaceae*, *Rosaceae*, *Vitaceae*. În schimb, sunt rezistente cele din familia *Crucifere*, Composeae ş.a. Floarea soarelui este sensibilă la amoniac, lucerna, porumbul şi ceapa sunt sensibile la clor, fasolea trifoiul şi tutunul sunt sensibile la hidrogen sulfurat etc.

Concentraţia limită a atmosferei în gaz poluant depinde şi de durata de menţinere a plantei în această atmosferă. Pentru SO_2 s-au propus ca limită de toleranţă valorile de 0,3 mg SO_2/m^3 aer pentru 24 ore sau 1,0 mg SO_2/m^3 aer pentru

Scanned with OKEN Scanner

un interval de 30 minute. În cazul amoniacului, limita de toleranță este considerată la valorile de 1 mg NH_3 /m^3 aer în 24 ore sau 2 mg NH_3 /m^3 pentru 1/2 oră. Gazele poluante ce se degajă de la autovehicule fac să scadă cu 15 - 22 % producția plantelor agricole, pe o zonă lată de 100 - 200 m de-a lungul șoselelor.

3.4 Apa ca factor de vegetație

Apa cu componentele ei, hidrogenul și oxigenul, participă la formarea tuturor compușilor organici din corpul plantei. Ea dizolvă și favorizează disocierea numeroaselor săruri din sol, înlesnind absorbția lor de către rădăcini și deci nutriția plantelor. Circulând prin corpul plantei, apa asigură turgescența și menține temperatura la un nivel potrivit pentru buna desfășurare a proceselor biologice.

3.4.1 Umiditatea solului

Apa este un constituent al solului și un factor dinamic foarte important. Fără apă, solul și vegetația, ca și viața în general, n-ar putea exista. Apa din sol servește ca sursă de aprovizionare pentru plante și microorganisme. Ea provine din precipitațiile atmosferice, pânza freatică, condensarea vaporilor, rouă, ceață sau irigații.

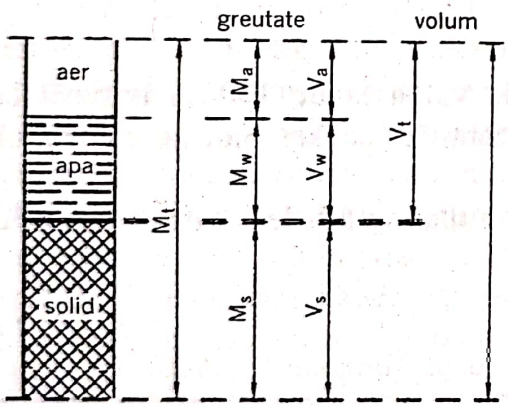


Fig. 3.6 Solul cu cele trei faze

Conținutul de apă al solului poate fi exprimat în diferite moduri (fig. 3.6): față de masa părții solide a solului (M_s) față de masa totală a acestuia (M_t), față de volumul părții solide (V_s), față de volumul total al solului (V_t) sau față de volumul porilor (V_p). De cele mai multe ori, conținutul de apă al solului (W) se calculează raportând cantitatea de apă (M_w) la masa părții solide din proba de sol analizată, după uscarea în etuvă la 105 °C:

$$W = \frac{M_w}{M_s} \cdot 100 \qquad (3.1)$$

în care:

- W - umiditatea masică (% g/g);
- M_w - cantitatea de apă din proba de sol analizată (g);
- M_s - cantitatea de sol uscat din proba analizată (g).

Într-un sol saturat cu apă, umiditatea (W) poate varia între 25 % și 60 %, fiind mare la solurile argiloase afânate și bogate în substanță organică.

Conținutul volumetric de apă al solului sau umiditatea volumetrică (W_v) se poate exprima în % g/v (g apă/100 cm^3 sol) sau în % v/v (cm^3 apă/ 100 cm^3 sol) și, întrucât densitatea apei este apropiată de 1, se calculează cu formula:

$$W_v = W \cdot DA \qquad (3.2)$$

Scanned with OKEN Scanner

în care:

W_v - umiditatea volumetrică (% v/v sau % g/v);
W - umiditatea masică (% g/g);
DA - densitatea aparentă a solului (g/cm^3 sau t/m^3).

Rezerva de apă la hectar într-un strat sau orizont al solului cu grosimea (H), se poate calcula cu relația:

$$W_r = 100 \cdot H \cdot W_v = 100 \cdot H \cdot W \cdot DA \qquad (3.3)$$

în care:

W_r - rezerva de apă din sol (m^3/ha);
H - grosimea stratului de sol considerat (m);
W_v, W, DA - au semnificațiile precizate la relația 3.2

Gradul de saturație a solului cu apă se calculează raportând volumul apei la volumul porilor:

$$\theta_s = 100 \frac{V_w}{V_p} \qquad (3.4)$$

în care:

θ_s - gradul de saturație a solului cu apă (% v/v sau cm^3/100 cm^3 pori);
W - volumul apei din sol (cm^3);
DA - volumul porilor solului (cm^3).

Gradul de saturație nu poate atinge practic valoarea de 100 % întrucât la pătrunderea apei în sol rămân totuşi anumite cantități de aer blocate în spațiul lacunar al solului.

Pentru determinarea conținutului în apă al solului se folosesc diferite metode care se pot împărți în câteva categorii (tab. 3.13).

Tabelul 3.13

Metode de determinare a umidității solului (după *Normand M.*, 1970)

A. Metode care necesită prelevarea probelor de sol, pentru a face determinări
I. Metode care folosesc extracția apei din proba de sol
1. Metoda extracției apei din proba de sol prin acțiunea căldurii - Metoda gravimetrică - cu etuva sau cu raze infraroşii
2. Metode care extrag apa din sol prin acțiunea unor lichide sau reacții chimice - Metoda extracției cu alcool sau dioxan - Metoda clorurii de calciu sau hidrocarburii de calciu - Metoda acidului sulfuric sau a nitratului de amoniu
II. Metode care nu folosesc extracția apei din proba de sol - Metode bazate pe presiunea hidrostatică, sau utilizarea picnometrului cu apă sau cu aer - Metode bazate pe absorbția diverselor radiații cum ar fi: rezonanța magnetică nucleară, hiperfrecvența, reflexia razelor infraroşii, absorbția razelor gamma, ultrasunetele
B. Metode care permit determinarea umidității solului „in situ" - Procedee nucleare - sonda cu neutroni - Procedee bazate pe variația tensiunii apei din sol - tensiometre - Procedee bazate pe proprietăți electrice, termice, mecanice ale solului

Scanned with OKEN Scanner

Prelevarea probelor de sol trebuie să se facă în mod corect pentru ca rezultatele obținute să oglindească realitatea din teren. Pentru determinarea umidității prin metoda gravimetrică se cântăresc 30 - 40 g sol umed introdus într-o fiolă de cântărire numerotată şi tarată iar prin încălzire în etuvă sau cu ajutorul razelor infraroşii se îndepărtează apa. Diferența între prima şi ultima cântărire reprezintă masa apei din probă, care raportată la masa solului uscat şi înmulțită cu 100 exprimă procentul de apă din solul respectiv. Metoda gravimetrică este laborioasă dar cu ajutorul ei se obțin datele cele mai exacte. Celelalte metode sunt mai rapide şi oferă posibilitatea urmăririi continue a umidității solului dar sunt de precizie mai redusă şi rezultatele trebuie comparate cu cele obținute prin metoda gravimetrică.

Pentru determinarea umidității solului pe baza variației rezistenței electrice se folosesc nişte electrozi încorporați într-un material poros, de obicei blocuri de gips (aparatul *Bouyoucos BN-2A*, realizat la Universitatea Michigan), care se introduc în sol la diferite adâncimi şi rămân acolo toată perioada de vegetație. Cu ajutorul unui ohmmetru se măsoară rezistența electrică între electrozii fiecărui bloc folosind nişte conductori metalici izolați care ajung la suprafața solului. Blocurile de gips au acelaşi conținut în apă ca şi solul din jur iar rezistența electrică creşte odată cu scăderea umidității şi vice-versa. Prin calibrarea aparatului se poate stabili umiditatea solului. Această metodă nu se poate folosi pe soluri saline şi nu este destul de precisă la umidități mari.

Metoda neutronică pentru determinarea umidității solului se bazează pe fenomenul de împrăştiere şi încetinire a vitezei de deplasare a neutronilor care vin în contract cu atomii de hidrogen din apa pe care o conține solul. Sursa de neutroni folosită este de obicei un amestec de radiu şi beriliu iar aparatura întrebuințată cuprinde un detector de electroni alcătuit din fluorura de bariu şi un contor. Aceste sonde neutronice trebuie calibrate pentru fiecare tip de sol, însă în straturile superficiale ale solului dau rezultate incerte. La efectuare acestor determinări trebuie să se ia măsuri adecvate de protecție a muncii.

Tensiometrele folosite pentru determinarea sucțiunii solului sunt formate dintr-un corp poros din ceramică - care se introduce în sol în zona de dezvoltare a rădăcinilor - racordat prin intermediul unui tub la un manometru situat la cealaltă extremitate a tubului. Apa din tensiometru vine în contact cu apa din sol prin porii corpului poros, depresiunea rezultată pentru echilibrarea sucțiunii solului fiind transmisă la manometru. Gradația zero la manometru corespunde solului saturat iar gradația maximă (100) indică o sucțiune de 0,987 atmosfere (un bar), corespunzătoare umidității situate la limita inferioară a celei uşor accesibile.

3.4.2 Potențialul apei din sol

Potențialul apei se datorează forțelor de natură fizico-mecanică (capilaritate) sau fizico-chimice (adsorbție). Întrucât apa din sol conține săruri dizolvate se poate vorbi de un potențial osmotic. În general, potențialul total al apei din sol (ψ_t) poate fi considerat ca suma mai multor categorii de potențial:

$$\psi_t = \psi_g + \psi_p + \psi_m + \psi_o \qquad (3.5)$$

Scanned with OKEN Scanner

în care:

Ψ_t - epotențialul total al apei solului;

Ψ_g - potențialul gravitațional determinat de forța gravitației;

Ψ_p - potențialul de presiune sau hidrostatic adică greutatea coloanei de apă ce apasă pe unitatea de suprafață;

Ψ_m - potențialul matricial sau capilar determinat de forțele de interacțiune între faza lichidă și cea solidă a solului;

Ψ_o - potențialul osmotic datorat influenței sărurilor dizolvate în soluția solului.

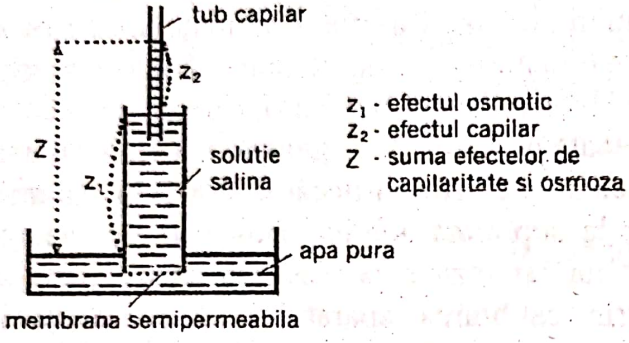


Fig. 3.7 Schema ascensiunii capilare a soluțiilor saline

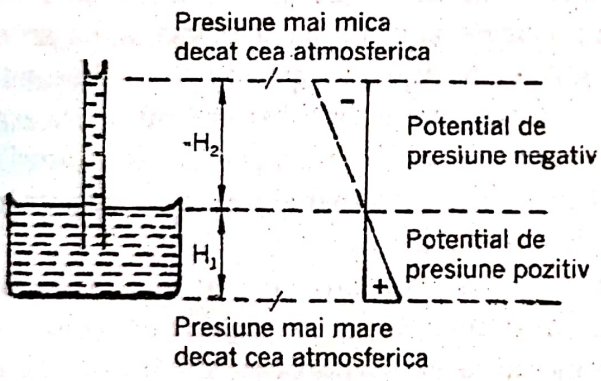


Fig. 3.8 Potențialul de presiune (după *Hillel D.*, 1973)

Diferitele forțe ce acționează în sistemul sol - apă - plantă - atmosferă nu participă în aceeași măsură la formarea potențialului total. Așa de exemplu, potențialul osmotic apare numai după ce se formează în sol o membrană semipermeabilă (fig. 3.7). *Hillel D.* (1973), arată că atunci când apa din sol este la o presiune hidrostatică mai mare decât cea atmosferică, potențialul ei de presiune este considerat negativ (fig. 3.8). Cel pozitiv este numit potențial de presiune iar cel negativ, potențial matricial sau sucțiune și se referă la forțele capilare și de adsorbție. În solurile nisipoase predomină efectul capilarității, iar în cele argiloase poate fi predominantă adsorbția.

De cele mai multe ori solul este nesaturat și potențialul apei este negativ, iar forțele cu care solul reține apa sunt numite, în acest caz, forțe de sucțiune și variază foarte mult, fiind mai mici la solul umed și, crescând pe măsură ce solul se usucă. Ele sunt mari la soluri argiloase, bogate în săruri solubile și scad la solurile nisipoase. Aceste forțe de reținere a apei se pot măsura în câmp cu ajutorul unui tensiometru. Sucțiunea apare deci ca deficitul de presiune la care se găsește apa în sol în raport cu presiunea atmosferică. Sucțiunea se poate măsura în unități de presiune adică centimetri coloană de apă, milimetri coloană de mercur, atmosfere, bari etc iar valorile înregistrate variază între limite foarte largi, de la 1 la 107 cm coloană de apă. Pentru a se evita folosirea unor numere prea mari care să exprime diferite valori ale sucțiunii, la propunerea lui *Schofield R. K.* (1935) se folosește termenul *pF* (prin analogie cu scara *pH* a acidității). Acesta reprezintă logaritmul

Scanned with OKEN Scanner

zecimal al sucțiunii exprimate sub forma înălțimii în centimetri a unei coloane de apă care poate echilibra forța de sucțiune. Simbolul (*p*) se referă la caracterul logaritmic iar (*F*) arată că sucțiunea poate fi exprimată ca energie liberă (*Free energy*). Domeniul de valori *pF* este cuprins între 0, când solul este saturat cu apă, și 7, când acesta este complet uscat. Relațiile între valorile *pF* și diferite alte unități de măsură sunt prezentate în tabelul 3.14. Înregistrând relația între umiditatea solului și potențialul matricial se obține o curbă în formă de S numită și curbă *pF* sau curbă de sucțiune (fig. 3.9).

Tabelul 3.14

Unități de măsură pentru sucțiune și echivalența lor aproximativă

Centimetri coloană de apă	Valori pF	Milimetri coloană *Hg*	Atmosfere	Milibari	Bari
1	0	0,76	0,001	1	0,001
10	1	7,6	0,01	10	0,01
60	1,78	46	0,06	60	0,06
100	2	76	0,1	100	0,1
330	2,52	250	0,33	330	0,33
500	2,68	380	0,50	500	0,50
1000	3	760	1	1000	1
10000	4	7600	10	10000	10
15000	4,20	11400	15	15000	15
50000	4,70	38000	50	50000	50
100000	5	76000	100	100000	100
1000000	6	760000	1000	1000000	1000
10000000	7	76000000	10000	10000000	10000

Valorile încadrate corespund domeniului în care unitățile de măsură se utilizează curent:

1 bar = 10^6 dyne/cm^2 = 100 kPa;
1 cm coloană apă = 10^3 kgf/cm^2;
1 mm coloană mercur = 1,36 · 10^3 kgf/cm^2 = 1333 · 10^6 bari;
1 atmosferă fizică = 1,033 kgf/cm^2 =1,01 bari;
1 atmosferă tehnică = 1 kgf/cm^2 = 0,98 bari.

Potențialul matricial este influențat în cea mai mare măsură de conținutul în apă al solului precum și de structură, textură, compoziție mineralogică etc. La valori ale sucțiunii până la pF = 3 conținutul de apă al solului depinde de structura acestuia, care influențează mărimea și distribuția porilor și efectul capilarității. Prin tasare se reduce volumul porilor mari dintre agregate și sporește numărul microporilor iar conținutul de apă se modifică (fig. 3.9).

La sucțiuni mai mari joacă un rol tot mai important forțele de adsorbție, acestea fiind influențate de textura solului. Solurile care conțin mai multă argilă reține mai puternic apa (fig. 3.10), având o distribuție mai bună a porilor de diferite mărimi. În general, factorii care influențează interacțiunea între faza solidă și cea lichidă a solului modifică și sucțiunea. *Gardner W.R.*, constată încă din anul 1955

Scanned with OKEN Scanner

reducerea sucțiunii odată cu creşterea temperaturii. Pentru intervalul de temperatură 0 - 50 °C, la o variație de 1 °C corespunde o modificare a sucțiunii de circa 8 cm coloană de apă. Pentru determinarea potențialului apei din sol se pot folosi diferite metode (tab. 3.15). Unele permit determinarea potențialul matricial altele pe cel osmotic etc. Pentru ca aceste determinări să aibă semnificație reală trebuie executate numai pe probe de sol în structură naturală (nederanjată).

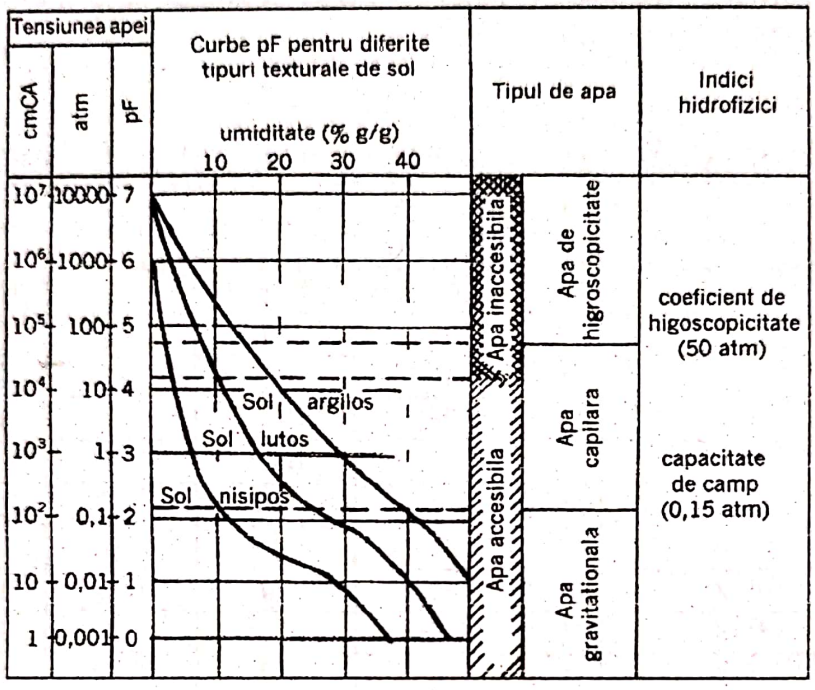


Fig. 3.9 Reprezentarea grafică a unor însuşiri ale solului

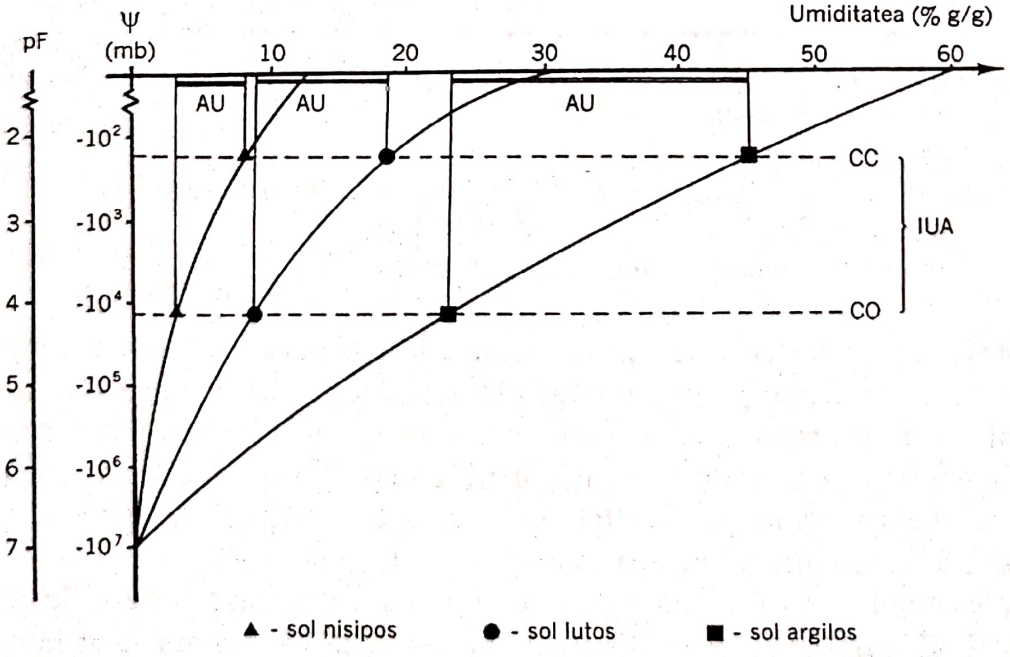


Fig. 3.10 Corelația între umiditate şi potențialul hidric la principalele tipuri texturale de sol
CC - capacitatea pentru apă în câmp; CO - coeficientul de ofilire;
AU - apa utilizabilă; IUA - intervalul umidității active

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.15

Domeniile de aplicare a diferitelor metode pentru determinarea sucțiunii

Metoda	Domeniul valorilor pF
Aparate cu placă de sucțiune	0 - 3,0
Aparate cu membrană de presiune	2,5 - 6,2
Centrifugare	3,0 - 4,5
Tensiometru	0 - 3,3
Crioscopică (coborârea punctului de îngheț)	30 - 4,0
Desecare în vacuum	5,0 - 7,0
Osmotică	3,0 - 4,2

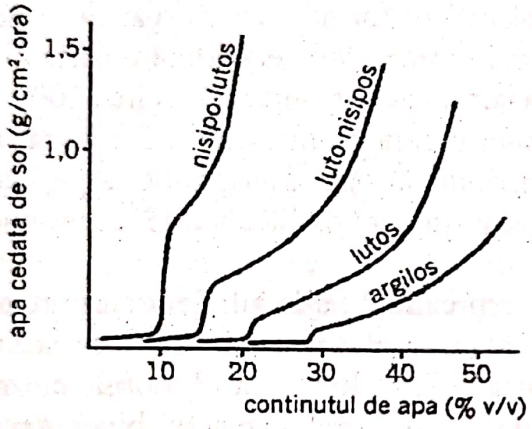


Fig. 3.11 Curbe de cedare a apei în soluri cu diferite texturi

Sucțiunea prezintă importanță deosebită pentru înțelegerea relațiilor sol - apă - plantă - atmosferă căci în sol nu există mai multe feluri de apă iar forța gravitației sau cea capilară acționează asupra întregii cantități de apă dar, aceasta se deosebește după intensitatea și natura forțelor cu care este reținută în diferite puncte din sol. De exemplu, la un conținut în apă al solului de 10 % forța de sucțiune fiind mare pe un sol argilos, planta nu se poate alimenta cu apă, în timp ce pe un sol nisipos, la aceeași stare de umiditate, această forță fiind sub 15 bari, planta își poate procura apa. Posibilitatea de aprovizionare a plantei cu apă depinde mai mult de forța cu care apa este reținută de sol și mai puțin de însușirile speciei cultivate (fig. 3.11). Cercetările au dovedit ca sucțiunea apei din pori influențează și însușirile mecanice ale solului.

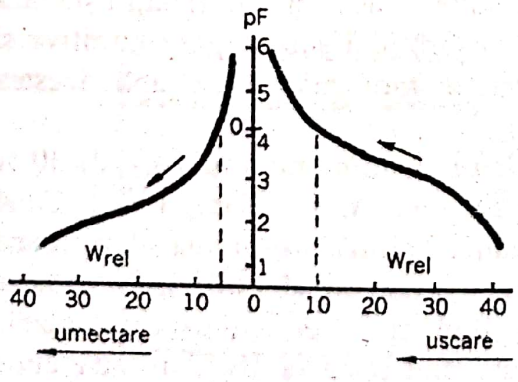


Fig. 3.12 Histerezisul adsorbției vaporilor de apă

Măsurând forța de reținere a apei la aceeași probă de sol în timpul uscării și apoi la reumezire, se obțin două curbe ce nu se suprapun (fig. 3.12). Curba de desorbție se situează deasupra curbei de reumezire sau sorbție iar bucla dintre ele este evidentă. Astfel, după *Henin S.* (1973), la un conținut în apă al solului de 30 %, valorile *pF* sunt de 2,7 la desorbție și de 1,7 la sorbție sau, pentru valoarea $pF = 3$, la desorbție solul conține 24 % g/g apă iar la reumezire 16,5 % g/g. Acest fenomen - cunoscut sub numele de histerezis - este mai pronunțat în solurile nisipoase și se datorează blocării aerului în anumite porțiuni din porii solului la

Scanned with OKEN Scanner

umezirea acestuia, precum şi fenomenelor de gonflare şi contractare care produc schimbări ale structurii. Variaţiile mari ale dimensiunii porilor din sol prezintă, de asemenea, importanţă căci la desorbţie apa se elimină Ia sfârşit din porii cei mici iar Ia sorbţie se umplu la sfârşit cu apă porii cei mari. Efectul de histerezis prezintă importanţă atunci când umezirea şi uscarea solului alternează la intervale de timp mai mari. Dacă timpul este prea scurt, efectul histerezis se produce numai parţial, obţinându-se la o reprezentare grafică, aşa numite curbe de explorare. Efectul histerezis trebuie luat în consideraţie la studiul infiltraţiei apei, drenajului etc.

3.4.3 Apa în plantă

Din bioxidul de carbon absorbit din aer şi hidrogenul care rezultă din descompunerea apei cu ajutorul luminii (fotoliză), se formează, în organele verzi ale plantei, glucide şi alţi compuşi organici. Prin urmare, apa reprezintă o parte din materia primă necesară în procesul de sinteză a substanţei organice. Din circa 1000 g apă, necesară pentru sinteza a 2 - 3 g substanţă uscată, numai 1,0 -1,5 g intră în compoziţia substanţei organice, restul consumându-se prin transpiraţie. Apa mai îndeplineşte şi rolul de solvent al substanţelor minerale, făcându-le accesibile pentru nutriţia plantelor.

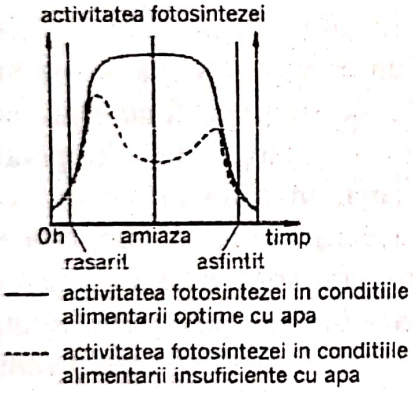


Fig. 3.13 Variaţia formării substanţei uscate în funcţie de lumină şi de umiditate

Tot apa reprezintă mijlocul de transport al diferitelor substanţe din sol în plantă şi de la un organ al plantei la altul. Cu ajutorul ei se realizează cataliza diferitelor reacţii biochimice din celule şi legătura cu mediul extern (fig. 3.13). Datorită faptului că apa are căldura specifică mare, ea absoarbe excesul de căldură, provenit în special din respiraţie, şi împiedică supraîncălzirea unor ţesuturi. Având conductibilitatea calorică ridicată, apa uniformizează temperatura diferitelor părţi ale plantei. Ea are şi o tensiune superficială foarte mare şi datorită acestei proprietăţi uşurează fenomenul de absorbţie a substanţelor nutritive şi datorită polarităţii moleculelor de apă acestea acoperă cu o peliculă particulele coloidale.

La plantele superioare, fotosinteza începe la un conţinut minim în apă de 40 % şi se intensifică până ajunge la 75 - 85 % (*Sălăjanu N.* şi colab., 1981). Când umiditatea se reduce cu 35 % faţă de cantitatea optimă, asimilaţia clorofiliană scade cu 70,9 % iar atunci când conţinutul în apă scade cu 45 - 50 %, fotosinteza încetează (*Parcevaux S.*, 1964) (fig. 3.13). Prin apă trec cu uşurinţă razele luminoase importante pentru fotosinteza şi ajungând până la 10-12 m adâncime înlesnesc dezvoltarea plantelor acvatice.

După cerinţele lor faţă de apă, plantele terestre se pot împărţi în trei grupe: *higrofite* - plante care au nevoie de apă multă pentru desfăşurarea normală a proceselor vitale; *mezofite* sau plante care au cerinţe moderate pentru apă şi *xerofite* - plante puţin

Scanned with OKEN Scanner

pretenţioase faţă de acest factor de vegetaţie. Plantele cultivate la noi în ţară sunt în general mezofite.

3.4.3.1 Absorbţia apei de către plantele terestre. În celulele tinere, embrionare, pătrunderea apei se face aproape exclusiv pe seama însuşirilor hidrofile ale protoplasmei. Seminţele introduse în solul umed sau în prezenţa apei absorb datorită forţei de imbibiţie a coloizilor şi îşi măresc volumul (fig. 3.14).

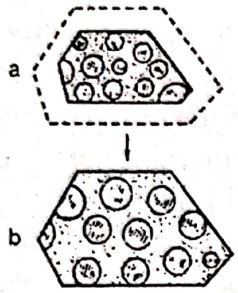


Fig. 3.14 Fenomenul de imbibiţie
a - masa coloidala neîmbibată;
b - masa coloidala îmbibată

Imbibiţia este determinată de faptul că gelurile coloidale din membrana celulară şi din citoplasmă, precum şi substanţele de rezervă sunt în mare măsură deshidratate. Puterea de imbibiţie a seminţelor variază după natura seminţei, fiind mai mare la seminţele bogate în substanţe proteice (mazărea, fasolea, soia etc) şi mai slabă la seminţele bogate în lipide (floarea soarelui, rapiţă etc). Forţa de imbibiţie poate atinge valori de 1000 atm şi chiar mai mari la seminţele uscate. Această forţă se micşorează pe măsură ce se acumulează apă în celule. Intensitatea cu care este absorbită apa de imbibiţie depinde şi de factori fizici şi chimici. Dintre factorii fizici prezintă importanţă în special temperatura căci pe vreme rece imbibiţia decurge mai încet, reacţia solului influenţează, de asemenea, imbibiţia căci ea se produce mai intens în mediu slab acid sau alcalin faţă de mediu neutru. Sărurile minerale din sol influenţează acest proces. Astfel, ionii de *K*, *Na*, NO_3 măresc imbibiţia iar cei de *Ca*, *Al*, SO_4 o reduc. Cantitatea de apă absorbită de seminţe variază de la o specie la alta. Spre exemplu, seminţele de mazăre şi trifoi absorb aproximativ de două ori mai multă apă decât cele de grâu sau porumb (tab. 3.16). Datorită capacităţii seminţelor de a absorbi apa cu mare putere, ele o pot procura în timpul germinaţiei şi din solul abia jilav.

Tabelul 3.16

Cantitatea de apă absorbită pentru germinarea seminţelor la câteva specii de plante (% din greutatea seminţelor)

Seminţe de:	Apa absorbită	Seminţe de:	Apa absorbită
Mei	25,0	Secară	57,7
Cânepă	43,9	Ovăz	59,8
Porumb	44,0	In	100,0
Grâu	45,4	Mazăre	106,8
Orz	48,2	Trifoi roşu	117,5
Lucernă	56,3	Sfeclă pentru zahăr	120,3

După ce s-au format diferitele organe ale plantei, forţa de imbibiţie are o importanţă mai mică în absorbţia apei, pentru că se dezvoltă forţa osmotică, determinată de substanţele osmotic active, acumulate în sucul vacuolelor. Când aceste celule se introduc într-o soluţie de substanţă nutritivă oarecare, cu o

Scanned with OKEN Scanner

concentrație mai mică decât a sucului vacuolar, ele absorb apa din soluția externă și își măresc volumul.

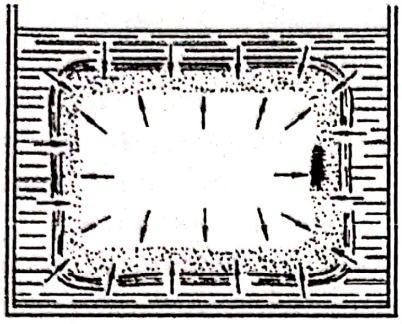


Fig. 3.15 Forțele care se dezvoltă în celula vie introdusă în apă

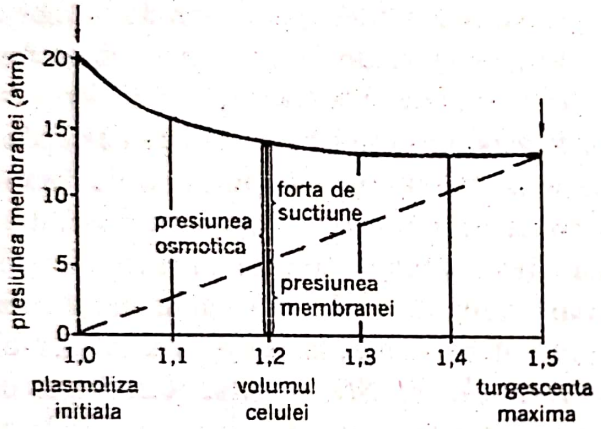


Fig. 3.16 Variația presiunii osmotice a unei celule în funcție de aprovizionarea cu apă

Prin mărirea volumului celulei, membrana ei elastică se întinde până la o anumită limită. Peste această limită membrana exercită o presiune contrară presiunii osmotice interioare, căutând să o egaleze (fig. 3.15). Astfel se ajunge la o stare de echilibru sau de turgescență, când presiunea membranei egalează presiunea hidrostatică a sucului celular și celula este saturată complet cu apă, planta se menține în poziție verticală, cu frunzele bine întinse. În acest caz, în celulă nu intră și nici nu iese apa, iar forța de sucțiune este egală cu zero, potențialul respectiv numindu-se potențial de turgescență. Această situație se întâlnește la plantele acvatice, iar la cele care trăiesc pe uscat celulele ajung pentru scurt timp saturate cu apă, căci ele pierd continuu apa prin transpirație. Pentru aceste celule, forța de sucțiune depinde de gradul de saturare a lor cu apă. Cu cât conțin mai puțină apă, cu atât forța de sucțiune este mai mare și invers (fig. 3.16).

Presiunea osmotică a celulelor variază foarte mult sub influența factorilor interni și externi. La plantele higrofite, presiunea osmotică variază între 4 și 6 atm, la cele mezofite în jur de 10 atm, iar la cele xerofite depășește 30 atm și poate ajunge la 100 atm. Mediul înconjurător influențează absorbția apei și presiunea osmotică prin umiditate, conținut în săruri, căldură etc. Astfel, la temperaturi scăzute plantele își măresc presiunea osmotică din sucul vacuolar. La lumină intensă presiunea osmotică crește la plantele cu frunze verzi. În decursul zilei, presiunea osmotică se schimbă după intensitatea luminii și gradul de aprovizionare cu apă. Dimineața este scăzută, iar la amiază ajunge la cele mai mari valori. Celulele tinere au presiunea osmotică mai mare decât cele bătrâne. Toamna, presiunea osmotică este mai mare decât primăvara. Fenomenele osmotice sunt legate de schimbările de volum ale celulei și schimbările concentrației sucului celular și au un rol foarte important în metabolismul plantei. Aceste fenomene influențează activitatea enzimelor din celule, fotosinteza, creșterea etc.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.17

Conținutul în apă al câtorva produse vegetale

Specia și organul plantei	Conținutul de apă (%)
Alge	94 - 98
Frunze de salată	94 - 95
Foi de ceapă	94 - 95
Frunze de varză	92 - 93
Frunze ale plantelor erbacee	83 - 86
Frunze ale plantelor arborescente	79 - 82
Tuberculi de cartof	74 - 80
Rădăcini de morcov	87 - 91
Rădăcini de ridiche	92 - 93
Fructe tomate	94 - 95
Fructe de castraveți	94 - 95
Boabele cerealelor uscate la aer	12 - 14
Mușchi și licheni uscați la aer	5 - 7

Cantitatea de apă care se acumulează în corpul plantei diferă de la o specie la alta și, pentru o aceeași plantă, de la un organ la altul. Astfel, frunzele, bulbii, tuberculii etc conțin între 74 % și 95 % apă (tab. 3.17), iar tulpinile 40 - 45 % apă. În general conțin mai multă apă organele alcătuite din țesuturi parenchimatice, iar țesuturile lemnoase, semințele uscate etc, conțin apă puțină. Cantitatea de apă din țesuturi depinde de vârsta lor, organele tinere conținând mai multă apă decât cele bătrâne deoarece odată cu îmbătrânirea se reduce treptat capacitatea de hidratare a protoplasmei. în celulă apa se acumulează în cantitate mai mare în protoplasma și vacuolă și în cantitate mai mică în nucleu, plastide, membrană etc. În decurs de 24 de ore, plantele conțin cea mai multă apă în a doua jumătate a nopții și cea mai puțină după amiaza. în decursul unui an plantele perene conțin mai multă apă primăvara și la începutul verii, iar toamna și iarna conținutul în apă scade la minim. Conținutul în apă al plantelor se poate aprecia în raport cu starea de turgescență, calculându-se așa numita *turgescență relativă* (R), cu relația:

$$R = 100\,\frac{AP}{AT} \qquad (3.6)$$

în care:

AP - cantitatea de apă din țesutul proaspăt (g);

AT - cantitatea de apă din țesutul turgescent (g).

În plantele vasculare apa se găsește în stare lichidă, solidă sau gazoasă. În stare lichidă se găsește în protoplasmă, vacuole, membrane celulare, țesuturi de conducere (vase lemnoase și liberiene), iar în stare gazoasă sau sub formă de gheață apa se găsește în spațiile intercelulare. În starea lichidă apa se găsește în corpul plantei sub formă de apă legată sau liberă, precum și apa de structură. Apa legată nu are însușiri de solvent, este reținută cu forțe foarte mari de către coloizii hidrofili ai protoplasmei (substanțe proteice, lipide etc) și prezintă o importanță esențială în alcătuirea sistemelor coloidale și în reacțiile chimice ale protoplasmei. În frunzele de grâu, apa legată reprezintă 21,6 % din apa totală, iar în tulpini 11,2 %. Conținutul în apă legată poate spori în condiții nefavorabile dar totdeauna este în cantitate mai mică decât cea liberă.

Apa liberă este foarte mobilă, putându-se deplasa cu multă ușurință prin vasele conducătoare în toate direcțiile. Ea se reînnoiește continuu și servește la transportul

Scanned with OKEN Scanner

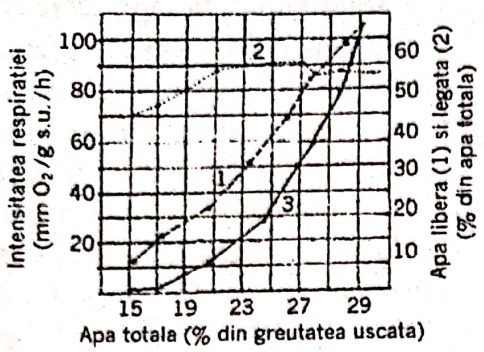


Fig. 3.17 Intensitatea respirației boabelor de grâu (3) decurge paralel cu apa liberă (1) și nu cu apa legată (2)

și schimbul de substanțe nutritive între diferitele părți ale plantei. Intensitatea respirației și alte fenomene fiziologice depind de conținutul în apă liberă al țesuturilor (fig. 3.17). La temperaturi sub 0 °C apa liberă îngheață, spre deosebire de cea legată care nu îngheață până la -10 °C. Apa de structură sau biostructurală asigură menținerea biostructurii și este încorporată în elementele constitutive ale celulei.

Plantele se aprovizionează cu apă în cea mai mare parte prin rădăcini iar zona perilor absorbanți este principala poartă de intrare a apei în corpul plantei. Pentru ca plantele terestre să-și asigure apa necesară vieții, ele posedă un sistem radicular puternic, capabil să absoarbă suficientă apă din sol și să compenseze pierderile care se produc prin părțile aeriene. În general, la plantele ce cresc în regiuni umede, greutatea rădăcinilor reprezintă aproximativ 10 % din masa plantei iar la cele care cresc în zone secetoase rădăcinile ajung până la 90 % din greutatea plantei întregi. Plantele mezofite au părțile aeriene aproximativ egale în greutate cu cele subterane. Plantele heliofile, care transpiră mai intens, au rădăcini mai profunde care explorează un volum mai mare de sol, spre deosebire de cele ombrofile care formează o masă mai redusă de rădăcini. Suprafața de contact a rădăcinilor cu solul și de absorbție a apei se mărește mult datorită perișorilor absorbanți. Astfel, la mazăre această suprafață se mărește de 12 ori, la secară suprafața totală a rădăcinii cu perișorii absorbanți, ajunge ia 400 m^2, la grâu suprafața totală a rădăcinii este de 130 ori mai mare ca partea aeriană (*Acatrinei Gh.*, 1991). Pe terenurile cu un conținut redus în apă rădăcinile plantelor își orientează creșterea către zonele mai umede din sol. *Sattler F.* și *Wistinghansen E.* (1994) arată că vârfurile rădăcinilor care au un conținut bogat în fosfatide, îndeplinesc un rol asemănător cu sistemul nervos al animalelor inferioare. Plantele se aprovizionează cu cantitățile de apă necesară în primul rând prin dezvoltarea sistemului radicular și mai puțin pe seama mișcării capilare a apei către rădăcini. Această mișcare a apei în sol se produce ca urmare a diferenței de potențial care se creează prin extragerea apei din vecinătatea rădăcinilor. Potențialul apei din rădăcini crește pe măsură ce se intensifică transpirația în părțile aeriene ale plantei. La plantele cu nu sistem radicular slab dezvoltat cantitatea de apă pe care o pot procura prin mișcare capilară este foarte redusă iar pe terenuri irigate trebuie stimulată dezvoltarea unui sistem radicular cât mai bogat și mai profund.

În jurul perilor absorbanți se găsesc bacterii și ciuperci (rizosfera) care solubilizează unele substanțe din sol făcându-le accesibile plantei. Pe suprafața de 1 mm^2 de rădăcină se pot forma 200 -400 perișori absorbanți, fiecare având o longevitate de 7-10 zile *(Gh. Acatrmei,* 1991). La unele plante lemnoase se fixează pe rădăcini hifele unor ciuperci simbiotice care îndeplinesc funcția de absorbție a apei.

Scanned with OKEN Scanner

Între sol şi rădăcinile plantelor se stabileşte un curent electric, diferența de potențial fiind de 100 - 150 milivolți. în plantă seva este încărcată electronegativ, iar soluția solului electropozitiv. Aceasta se datorează faptului că în sol predomină procesele de oxidare iar în plantă cele de reducere. Rezultă deci că pătrunderea soluției solului în rădăcinile plantei se datorează şi fenomenului electroosmotic care este cu atât mai puternic cu cât diferența de potențial între sol şi plantă este mai mare.

La germinarea semințelor apare mai întâi rădăcina, prin care tânăra plantă îşi procură apa necesară. Plantele din zona de stepă au părțile aeriene acoperite de țesuturi protectoare (cuticulă, suber) care reduc pierderea apei prin transpirație.

O cantitate oarecare de apă ajunge în plantă şi prin organele aeriene, în special prin frunze, care absorb apa provenită din precipitații, rouă sau irigații prin aspersiune. Unele plante, cum sunt vița de vie, cartoful, tomatele, fasolea, sfecla, salata etc. absorb mai intens apa prin frunze. Cercetările arată că frunzele tinere pot absorbi mai multă apă, iar cele adulte numai 5 - 10 % din necesarul lor de apă. Aceasta se datorează faptului că frunzele tinere au cuticula mai subțire. S-a constatat că apa pătrunde prin cuticula, dar nu prin toată suprafața ei, ci prin anumite zone care coincid cu nervurile. Observațiile arată că plantele bine aprovizionate cu apă, cresc mai puternic, formând un aparat foliar mai bogat, cu frunze mai mari şi mai multe. Tulpina creşte, de asemenea, mai înaltă şi se ramifică mai puternic. Intensitatea absorbției apei este influențată de diferiți factori cum ar fi: conținutul în apă al solului, temperatura şi pH-ul solului, gradul lui de aerisire, etc. Insuficiența oxigenului din sol a redus greutatea rădăcinilor unei plante tinere de porumb de la 28 g la 15,3 g, iar consumul de apă de la 1550 g la 561 g (*Perigaud S.*, 1967). În general, plantele absorb din sol apa accesibilă. În condiții de umiditate moderată, numărul de rădăcini active scade treptat, de la suprafață spre adâncime iar între umiditatea diferitelor straturi de sol, masa de rădăcini şi apa extrasă de acestea, există o strânsă corelație. De regulă, deficitul de umiditate din sol afectează mai mult partea aeriană a plantei decât sistemul radicular, pentru că aceasta se deshidratează mai repede decât rădăcina. În zonele cu umiditate ridicată părțile aeriene ale plantelor se dezvoltă mai luxuriant. Atunci când solul sau apa conțin unele substanțe toxice (clorură de mercur, cloroform etc), respirația rădăcinii şi absorbția apei sunt inhibate. Pe terenurile cu apă în exces, plantele suferă datorită insuficienței oxigenului şi cantităților mari de dioxid de carbon, sulfuri, acizi organici şi produse de fermentație care se acumulează în sol şi inhibă respirația rădăcinilor. În aceste condiții, frunzele plantelor se răsucesc ca şi pe timp de secetă, nutriția minerală, în special cu azot, este perturbată şi metabolismul se modifică. Dacă excesul de apă se asociază cu o temperatură ridicată, planta nu poate supraviețui. Excesul de apă împiedică buna dezvoltare a plantelor pe tot parcursul vegetației dar în special la germinarea semințelor, înfrățirea cerealelor, înspicare etc. Comportarea plantelor la inundare variază mult de la o specie la alta. Astfel, orezul suportă bine inundarea, gramineele furajare rezistă destul de bine la submersie, orzul şi lucerna nu rezistă, iar dintre pomii fructiferi merii şi perii sunt foarte sensibili. Circulația apei în corpul plantei se produce mai întâi pe orizontală

Scanned with OKEN Scanner

de la suprafața rădăcinii până la vasele lemnoase (centripetă), apoi pe verticală din rădăcini până la vârful tulpinii și îndărăt, și din nou pe orizontală, de la vasele conducătoare până la frunze, flori și fructe. Cantitatea de apă care circulă prin corpul plantei variază în funcție de însușirile solului, condițiile climatice, particularitățile anatomofiziologice ale speciei etc. Într-o zi de vară, prin plantă poate trece în atmosferă o cantitate de apă aproximativ de 100 de ori mai mare decât cea necesară pentru sinteza masei vegetale. Viteza de circulație a apei este de 0,7 - 1,7 m/oră la plantele ierboase, 4 - 40 m/oră la angiosperme lemnoase și 50 m/oră la liane (*Acatrinei Gh.*, 1991). În zona climatului temperat, viteza de circulație a apei la vița-de-vie atinge 100 m/oră iar la pomi 40 - 50 m/oră (*Opreanu M.*, 1975).

3.4.3 Transpirația plantelor

Procesul fiziologic de trecere a apei din plantă în atmosferă, sub formă de vapori, poartă numele de *transpirație*. Acest fenomen reprezintă doar o parte din circuitul hidrologic din natură și reprezintă apa consumată productiv de către plante sau apa care participă la formarea țesutului vegetal. Transpirația este principalul „motor fiziologic" care asigură alimentarea cu apă a plantei, reprezentând un proces vital pentru plante.

În general, transpirația depinde mai mult de conținutul în apă al solului atunci când acesta este scăzut și în măsură mai mare de condițiile meteorologice când solul este bine aprovizionat cu apă. *Sălăgeanu N.* și colab. (1981), grupează numeroșii factori care influențează transpirația, în două categorii:

- ✓ externi (radiațiile solare, umiditatea și temperatura aerului, presiunea atmosferică, viteza vântului, umiditatea solului, diferite substanțe din sol);
- ✓ interni (suprafața aeriană a plantelor, poziția frunzelor, concentrația sucului vacuolar etc).

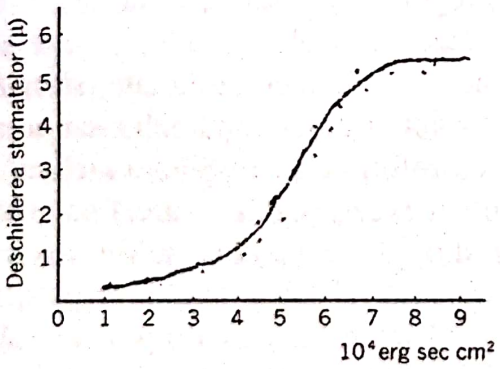


Fig. 3.18 Relația între intensitatea luminii și deschiderea stomatelor la o frunză de fasole

Radiațiile solare influențează foarte mult transpirația, deoarece o mare parte din energia solară ajunsă la corpul plantei și nefolosită în procesul de fotosinteză se transformă în căldură și determină transpirația. Astfel, 1 cm^2 de frunză de porumb transpiră într-o oră 9,7 g apă la întuneric, 11,4 g la lumină difuză și 78,5 g la soare. În figura 3.18 se poate observa influența intensității luminii asupra deschiderii stomatelor la fasole (*Rijtema*, 1965). *Languaringue* (1963), arată că lumina influențează fotosinteza și aceasta reduce concentrația în CO_2 din celule și sporește *pH*-ul din protoplasmă. Pentru neutralizare, coloizii protoplasmei se îmbibă cu apă mai multă și apoi se intensifică transpirația. Urmărindu-se influența lungimii de undă a radiațiilor, s-a constatat că lumina albastră determină deschiderea stomatelor și intensifică transpirația.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.18

Variația coeficientul de transpirație la câteva plante agricole

Planta	Coeficientul de transpirație	
	an secetos	an ploios
Grâu	628	316
Ovăz	655	293
Orz	618	288
Porumb	437	160

Tabelul 3.19

Influența îngrășămintelor asupra transpirației la câteva specii de plante (după *Tombesi L.*, 1966)

Planta	Fără îngrășăminte	Cu îngrășăminte
Grâu	928	349
Secară	603	364
Sfeclă	552	305
Cartof	1317	638

Tabelul 3.20

Influența diferitelor doze de îngrășăminte asupra transpirației la grâu (după *Staicu I.*)

N (kg/ha)	P_2O_5 (kg/ha)	Coeficientul de transpirație	
		Planata întreagă	Boabe
-	-	437	2944
125	50	342	1745
115	150	307	1669
103	250	253	1585
70	350	244	1360

Umiditatea aerului (mai precis deficitul de saturație) influențează în mare măsură transpirația. Aerul cu un conținut scăzut în vapori de apă absoarbe apa din frunze cu forțe de mii de atmosfere. Astfel, la scăderea umidității relative a aerului de la 59,0 % la 40,9 % transpirația crește la porumb de la 277 cm^3/g la 455 cm^3/g. De aceea, în anii secetoși, coeficientul de transpirație aproape se dublează (tab. 3.18).

Temperatura acționează asupra tensiunii vaporilor de apă și, pe această cale, influențează transpirația, ca și evaporația. Presiunea atmosferica exercită o evidentă influență asupra transpirației. La presiune mare transpirația este mai redusă și invers.

Creșterea vitezei vântului de la calm atmosferic la 2 m/s poate dubla transpirația când plantele sunt bine aprovizionate cu apă (*Kijne J. W.*, 1974). Odată cu scăderea umidității solului, stomatele se închid și transpirația se reduce dar, în acest caz, nici dioxidul de carbon nu pătrunde cu ușurință în frunză și fotosinteza se diminuează.

Fertilitatea solului și felul îngrășămintelor modifică în mare măsură transpirația (tab. 3.19 și 3.20). Natura ionilor din soluția solului influențează conținutul în apă al plantei. Astfel, ionii de potasiu înlesnesc absorbția apei de către rădăcini și reduc transpirația, în special, în primele faze de vegetație. Calciul se manifestă antagonist potasiului, mărind permeabilitatea protoplasmei, frânând absorbția apei și sporind transpirația. În general, pe solurile cu reacție acidă consumul de apă este mai redus decât pe solurile alcaline și aceasta se datorează calciului. Sodiul reduce, într-o oarecare măsură, deschiderea stomatelor și frânează transpirația. Ionii SO_4 reduc absorbția apei de către rădăcini și plantele se ofilesc destul de repede. Clorul reține apa în plante și reduce transpirația. Magneziul se situează între potasiu și calciu, din punct de vedere al utilizării apei de către plante. Fosforul, în doză potrivită, reduce consumul de apă iar azotul sporește, în general, transpirația. Borul, cuprul și zincul se comportă în mod asemănător azotului. În general, prin folosirea îngrășămintelor se reduce de 1,5 - 2,5 ori transpirația iar pe

Scanned with OKEN Scanner

solurile cu umiditate relativ scăzută plantele consumă apă mai puțină, față de solurile cu un conținut ridicat în apă. Aceste constatări prezintă importanță din punct de vedere practic, căci pe terenurile potrivit de umede și cu un conținut ridicat în substanțe nutritive, plantele valorifică foarte bine apa. Dozele prea mari de îngrășăminte și umiditatea scăzută, determină sporirea concentrației soluției solului peste limite accesibile, plantele nu mai pot absorbi apa necesară, se modifică respirația și activitatea enzimatică și se reduce fotosinteza, ajungându-se la plasmoliza celulelor (fig. 3.19) și deshidratare. Situații asemănătoare se întâlnesc și pe soluri salinizate dar, aici nutriția plantelor este afectată și de prezența în exces a anumitor ioni. Astfel cationul de sodiu poate împiedica aprovizionarea normală a plantelor cu calciu iar excesul de calciu împiedică aprovizionarea normală cu potasiu etc. La temperaturi ridicate, evapotranspirația se intensifică, concentrația soluției solului sporește și plantele se ofilesc mai repede.

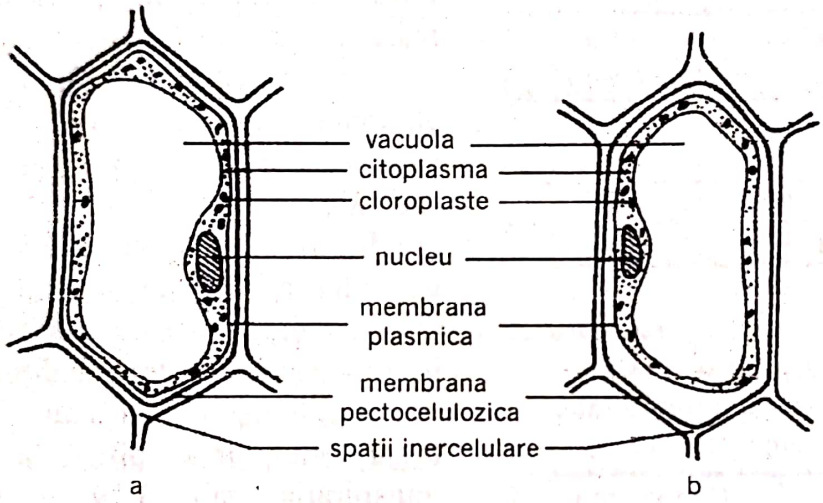


Fig. 3.19 Secțiune printr-o celulă normală (a) și în plasmoliză (b) (după *Grosclaude et al.*, 2000)

Observațiile efectuate au arătat că pregătirea solului, epoca de semănat, îngrijirea culturilor, influențează, de asemenea, consumul de apă. Buruienile consumă mari cantități de apă și de aceea ele trebuie distruse în mod sistematic.

Transpirația mai depinde de poziția frunzelor. Astfel, plantele cu frunze mari, situate perpendicular față de razele soarelui pierd multă apă prin transpirație. În zonele secetoase, se întâlnesc plante cu frunze mici, având o poziție paralelă cu razele soarelui și acestea transpiră puțin. Intensitatea transpirației este mai mică la începutul și sfârșitul perioadei de vegetație și mai mare în preajma înfloririi. Prezintă importanță indicele suprafeței foliare care reprezintă mărimea suprafeței frunzelor active în m^2 la plantele ce cresc pe 1 m^2 pătrat de teren. Acest indice depinde de caracteristicile speciei și soiului, densitatea plantelor, faza lor de vegetație etc. La grâu, acest indice este de 2,0 - 3,0, la porumb 2,5 - 3,7, la floarea soarelui 2,5 - 4,0, la sfecla pentru zahăr 3 - 6, la cartof 2,0 - 3,5, la trifoi 26 iar la lucernă 85 (*Guș P.* și colab., 1998).

Scanned with OKEN Scanner

În cadrul aceleiaşi specii se remarcă diferenţe între soiuri în ceea ce priveşte consumul de apă, iar plantele tinere folosesc mai economic apa decât cele bătrâne. Aceasta se datorează însuşirilor morfologice şi fiziologice ale plantelor, deoarece 70 - 80 % din cantitatea de apă transpirată difuzează prin stomate.

Intensitatea difuziunii vaporilor de apă din ţesuturile frunzelor, prin stomate, este de 5 - 6 ori mai mică în comparaţie cu o suprafaţă liberă de apă egală cu suprafaţa terenului pe care se cultivă plantele. Dacă însă suprafaţa foliară depăşeşte de 5 - 6 ori suprafaţa terenului ocupat de plante, transpiraţia ajunge egală cu evaporarea la suprafaţa apei. Raportând cantitatea de apă transpirată de o plantă într-o anumită perioadă de timp la cantitatea de substanţă uscată sintetizată în acelaşi timp, se obţine coeficientul de transpiraţie sau consumul specific de apă. Apa transpirată şi substanţa uscată sintetizată se exprimă în aceeaşi unitate de măsură (g, kg, tonă etc).

Tabelul 3.21

Coeficientul de transpiraţie la câteva specii de plante (după *Tombesi L.*, 1966)

Specia	Coeficientul de transpiraţie raportat la:	
	planta întreagă	partea principală a recoltei
Porumb	189 - 248	422 - 611
Grâu	368 - 480	779 - 1322
Sfeclă zahăr	330	345
Tomate	310 - 326	667
Tutun	460	890
Orz	371	1310
Secară	248	663
Sorg	149	660
Cartof	249	663
Fl. soarelui	309	3895

La calculul coeficientului de transpiraţie se ia în consideraţie substanţa uscată acumulată în întreaga plantă sau numai în partea principală a recoltei (boabe la cereale, tuberculi la cartofi etc). În cazul al doilea, valorile obţinute sunt de 2 - 3 ori mai mari, iar la floarea soarelui de 12 ori (tab. 3.21). În general, coeficientul de transpiraţie variază foarte mult de la o specie la alta şi în funcţie de condiţiile pedoclimatice din zona respectivă (tab. 3.22). Pe teren irigat coeficientul de transpiraţie este, de regulă, mai mare decât pe teren neirigat (tab. 3.23). Dintre speciile lemnoase consumă multă apă plopul, salcia, mesteacănul, aninul, frasinul etc.

Transpiraţia se produce prin toate părţile aeriene ale plantelor şi, în special, prin stomate (fig. 3.21). Cuticula şi suberul fiind impregnate cu substanţe grase permit, numai în mică măsură, trecerea vaporilor de apă în atmosferă. Se apreciază că vapori de apă care se elimină prin cuticulă nu depăşesc 30 % din total. Dacă aceste membrane externe, cuticula sau suberul, sunt îndepărtate prin tăiere sau zgâriere, ţesuturile respective pierd de 40 - 50 de ori mai multă apă. De aceea la aplicarea lucrărilor de îngrijire nu trebuie vătămate părţile aeriene ale plantelor. Intensitatea transpiraţiei, adică cantitatea de apă (g) eliminată de 1 dm^2 de frunză într-o oră, variază de la 0,5 la 5 $g/dm^2 \cdot h$ iar noaptea numai 0,1 $g/dm^2 \cdot h$. pentru reducerea transpiraţiei în perioadele de secetă, gramineele îşi răsucesc frunzele, micşorând astfel suprafaţa lor de contact cu atmosfera. La plantele xerofite se formează pe frunze un strat de ceară sau cresc numeroşi peri epidermici, care reţin vaporii de apă la suprafaţa frunzei.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.22

Coeficientul de transpirație la câteva specii de plante (după *Tombesi L.*, 1966)

Țara / Autorii / Specia	Italia	Germania	USA		Rusia
	Manzoni L. Puppo A.	*Hellriegel*	*Thom Holtz*	*Briggs Schantz*	*Iarmizin*
Grâu	368	338	432	513	450 - 600
Orz	371	310	320	534	-
Secară	248	353	-	685	250 - 450
Ovăz	-	376	352	597	500 - 800
Porumb	190	-	249	368	250 - 400
Sorg	149	-	240	322	-
Tutun	343	-	-	-	-
Sfeclă	245	-	262	397	-
Tomate	311	-	-	-	-
Cartof	249		167	636	300 - 600
Cânepă	325	-	-	-	600 - 800
Fl. soarelui	309	-	-	683	500 - 600
Lucernă	646	-	446	831	831
Trifoi	379	310	484	797	797
Mazăre	-	273	420	788	788

Tabelul 3.23

Variația coeficientului de transpirație la unele specii de plante pe teren irigat și neirigat

Specia	Irigat	Neirigat
Grâu	628	316
Porumb	437	160
Ovăz	655	293
Orz	618	288
Mei	443	198

Stomatele sunt localizate, în special, pe frunze, la unele specii numai pe o parte iar la altele pe ambele părți. Numărul stomatelor variază foarte mult. Astfel, la cereale se găsesc 30 - 40 stomate pe mm^2 de suprafață foliară, la rapiță 600 - 700 pe aceeași suprafață iar o singură frunză de floarea soarelui are circa 13 milioane de stomate. Mișcarea apei în corpul plantei depinde de diferența de potențial între sol, plantă și atmosferă, precum și de rezistența opusă la trecerea apei (fig. 3.22), care se poate exprima prin relația:

$$q = \frac{df}{R \cdot dx} \qquad (3.7)$$

în care:

- q - debitul;
- R - rezistența;
- df - diferența de potențial;
- dx - lungimea traseului parcurs de apă.

Rezistența se referă la trecerea apei, în stare lichidă, din sol în rădăcini și mai departe în tulpini și frunze și apoi, în stare de vapori, din plantă în atmosferă. Între sol și plantă, diferența de sucțiune este relativ mică (maxim 20 atm/cm^3) iar între sol și atmosferă depășește, în mod frecvent, 1000 atm/cm^3.

Scanned with OKEN Scanner

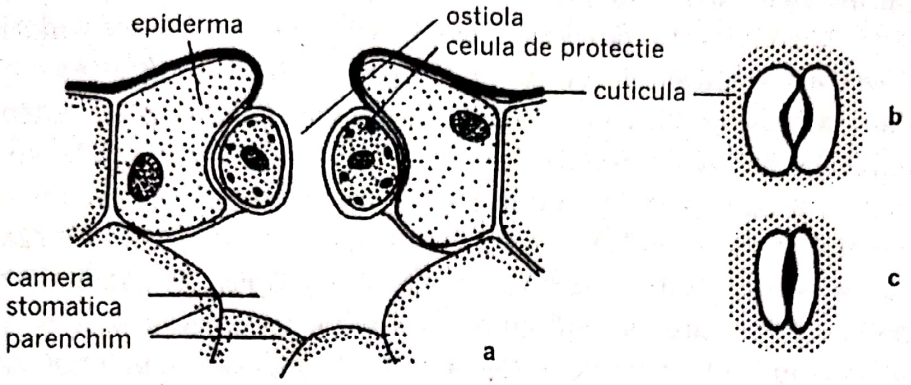


Fig. 3.21 Schema unei stomate în secțiune (a), deschisă (b) și închisă (c)

Viteza de circulație a apei pe acest traseu depinde de diferența de potențial între cele 2 extremități și mai puțin de nivelul potențialului într-o anumită zonă.

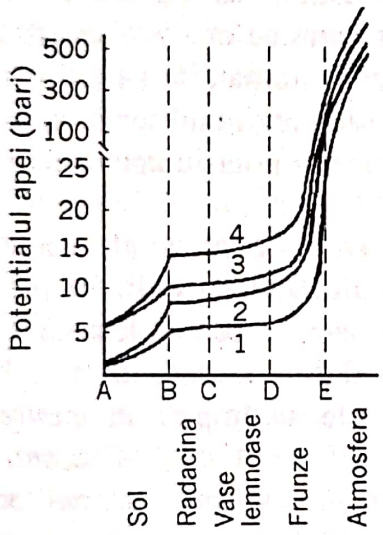


Fig. 3.22 Distribuția apei în sol, plantă și atmosferă. 1 - sol umed, transpirație redusă; 2 - sol umed, transpirație intensă; 3 - sol puțin umed, transpirație redusă; 4 - sol puțin umed, transpirație intensă (ofilire)

Tensiunea de suprafață a apei joacă un rol important în procesul de transpirație. Ea apare la suprafața frunzei, unde are loc evaporarea apei și se produce un deficit hidric ce determină creșterea forței de sucțiune care se transmite prin vasele lemnoase până la rădăcini și la perii absorbanți, mărind forța de absorbție a apei din sol. Când cantitatea de apă ajunsă în atmosferă prin transpirație depășește cantitatea de apă absorbită prin rădăcini, se produce ofilirea plantelor, la un potențial hidric de -10 până la -20 bari.

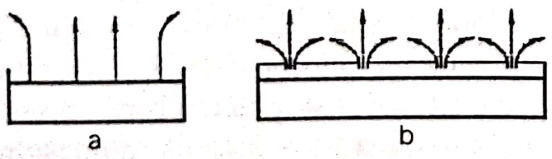


Fig. 3. 23 Evaporația la suprafața liberă a apei (a) și transpirația prin stomate (b)

Difuziunea vaporilor de apă de la suprafața frunzelor, în procesul de transpirație, se produce în mod specific, deosebindu-se de difuziunea vaporilor de pe suprafața unui vas cu apă. În timp ce vaporii de la suprafața apei se ridică, în cea mai mare parte, vertical și saturează repede atmosfera, vaporii ce difuzează prin deschideri mici, cum sunt stomatele, se răspândesc în jur și saturează mai greu atmosfera (fig. 3.23). Din această cauză, valoarea maximă a transpirației este atinsă atunci când densitatea stomatelor ajunge la valoarea de 750 pe mm^2 iar distanța între ele este de 10 ori mai mare decât diametrul lor.

Scanned with OKEN Scanner

Întrucât în unele cazuri stomatele reprezintă 1 - 3 % din suprafața frunzelor și distanța între acestea este potrivită, transpirația poate atinge valori egale cu evaporația dintr-un vas deschis, cu suprafața egală cu aceea a frunzei.

Cea mai mare parte din apa existentă în sol se consumă prin transpirație și de aceea, terenul acoperit de vegetație pierde de 5 - 6 ori mai multă apă decât cel lucrat și necultivat cu plante. Din circa 1000 g apă necesară pentru sinteza a 2 - 3 g substanță uscată, numai 1 - 1,5 g intră în compoziția compușilor organici, restul pierzându-se prin transpirație. Valorile medii ale transpirației oscilează de-a lungul perioadei de vegetație, înregistrând un maxim în perioada de înflorire sau în timpul fructificării. În condițiile climatice din România, pe parcursul unei zile de vară, transpirația atinge valori maxime între orele 11 și 16.

Reglarea schimbului de apă între plantă și mediul înconjurător se face prin închiderea sau deschiderea stomatelor, modificarea forței de reținere a apei, fracțiunea de apă legată etc. Mecanismul fiziologic de închidere și deschidere a stomatelor depinde de factorii externi, cum ar fi: umiditatea, temperatura, lumina, viteza vântului, precum și de factorii interni: elasticitatea peretelui celular, capacitatea de modificare a turgescenței celulelor stomatice etc. S-a constatat că există un mecanism ionic care influențează deschiderea stomatelor (*Acatrinei Gh.*, 1991). Astfel, în timpul ofilirii frunzelor de grâu, crește conținutul lor în potasiu și cloruri. La sfecla pentru zahăr cultivată pe soluri sărace în potasiu apar tulburări în funcționarea aparatului stomatic.

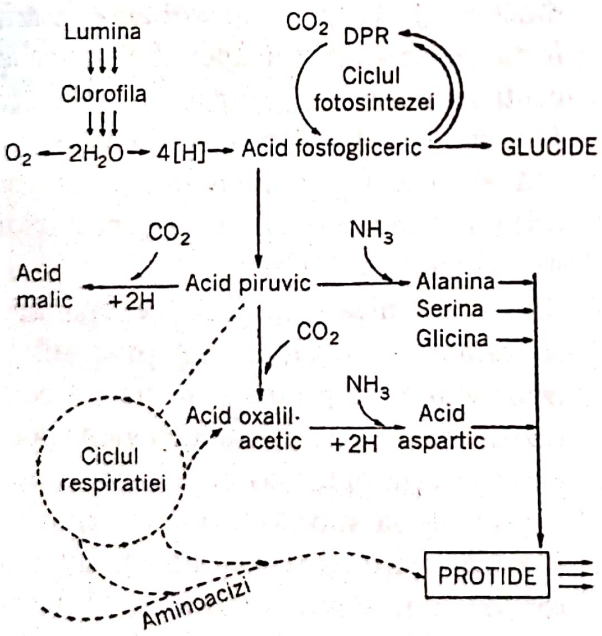


Fig. 3.24 Schema transformării bioxidului de carbon în fotosinteză și substanțele rezultate (după *Niciporovici A.*, citat de *Ghiula A.*, 1967)

După cum arată cercetările din ultimele decenii, în procesul de asimilație fotosintetică a dioxidului de carbon (fig. 3.24), plantele se împart în trei grupe: C_3, C_4, și *CAM* (*Crassulacean acid metabolism*). Primul produs care se formează este, la prima grupă, o substanță cu 3 atomi de carbon în moleculă (acidul fosfogliceric) iar la celelalte două grupe cu patru atomi (acidul malic). Plantele care aparțin primului grup se numesc de tip *Calvin* sau C_3, iar cele din al doilea grup - de tip *Hatch* sau C_4. Structura cloroplastelor și aparatul enzimatic al plantelor de tip C_4 favorizează reducerea procesului de transpirație în comparație cu cele de tipul C_3, astfel încât randamentul fotosintetic este cu 30 - 40 % mai mare iar consumul de apă mai redus. Plantele de tip C_4, cum ar fi porumbul, sorgul, meiul și unele graminee furajere au o eficiență mai ridicată a fotosintezei și valorifică mai

Scanned with OKEN Scanner

bine apa decât grâul, orzul, leguminoasele (*Sălăjan N.* şi *Atanasiu I.*, 1981). Se apreciază că plantele cu înrădăcinare profundă pot procura şi consuma prin transpiraţie cu 89 mm mai multă apă decât cele cu înrădăcinare mai superficială iar reducerea suprafeţei foliare cu 10 %, datorită atacului de boli şi dăunători, diminuează transpiraţia cu 20 - 30 % (*Docibeblis*, citat de *Popescu I. C.*, 1978) dar şi producţia.

Pentru reducerea transpiraţiei se pot folosi diferite substanţe antitranspirante care acţionează asupra metabolismului plantei şi produc închiderea stomatelor. Astfel, acidul abscisic acţionează asupra stomatelor şi inhibă transpiraţia. El se sintetizează intens în perioadele de secetă. Alte substanţe, formează pelicule monomoleculare pe frunze, diminuând transpiraţia. Toate aceste substanţe pot reduce transpiraţia cu 2/3 dar se reduce şi fotosinteza cu 1/3 şi în acest fel producţia scade. În spaţii închise (sere) se poate mări concentraţia aerului în CO_2, şi prin aceasta intensificarea fotosintezei până la o anumită limită.

Când atmosfera este saturată cu vapori de apă şi în corpul plantei apa este în exces iar transpiraţia este foarte slabă, unele plante elimină apă sub formă de picături la nivelul frunzelor prin aşa-numitul proces de *gutaţie.* Dintre plantele cultivate gutează bine cartoful, cerealele etc. Acest fenomen se datorează disproporţiei care se creează între absorbţia apei prin rădăcini şi eliminarea apei prin transpiraţie.

Cu toate că, datorită transpiraţiei şi gutaţiei, plantele pierd multă apă, această pierdere este necesară, căci numai în acest fel planta se apără împotriva supraîncălzirii în zilele foarte călduroase şi totodată, se măreşte forţa de absorbţie a apei încărcată cu săruri minerale, care vine de la rădăcini.

În perioada de maturitate a plantelor se produce deshidratarea fructelor şi seminţelor, modificându-se proprietăţile membranelor celulare. Dacă se micşorează intensitatea transpiraţiei în timpul vegetaţiei, se schimbă şi mersul normal al proceselor fiziologice din plantă, ajungându-se uneori la mărirea temperaturii frunzelor, coagularea coloizilor, oprirea fotosintezei, intensificarea respiraţiei etc.

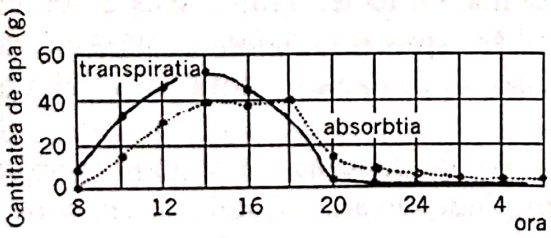


Fig. 3.25 Apa transpirată şi absorbită în 24 ore de o plantă de floarea soarelui

Creşterea şi dezvoltarea plantelor este condiţionată de existenţa unui echilibru între apa absorbită şi cea transpirată. În mod obişnuit, transpiraţia depăşeşte puţin absorbţia în timpul zilei iar noaptea fenomenul se inversează (fig. 3.25). Când acest echilibru este deranjat, adică transpiraţia depăşeşte pentru mult timp absorbţia, în corpul plantei procesele vitale sunt perturbate şi se produce ofilirea. Aceasta poate fi temporară, în timpul amiezii, când plantele îşi pierd turgescenţa şi îşi revin la starea normală spre seară. Ofilirea poate fi de lungă durată, când plantele îşi revin după un timp îndelungat sau nu îşi mai revin. Datorită ofilirii, se schimbă însuşirile chimice ale protoplasmei şi gradul de dispersie al coloizilor, mărindu-se permeabilitatea protoplasmei, care duce la pierderea unor elemente nutritive. În

Scanned with OKEN Scanner

timpul ofilirii se opreşte mai întâi creşterea plantei şi apoi celelalte procese fiziologice, cum ar fi fotosinteza sau respiraţia.

În timpul cât frunzele sunt ofilite, stomatele stau închise, pentru a se reduce pierderile de apă dar, în această situaţie, nici dioxidul de carbon din atmosferă nu poate pătrunde în frunză şi fotosinteza se opreşte, reducându-se recolta. Dacă ofilirea temporară nu are urmări prea dăunătoare asupra plantelor, ofilirea de lungă durată este foarte vătămătoare, pentru că ea poate provoca la unele specii, moartea perişorilor absorbanţi, suberificarea rădăcinii şi compromiterea recoltei. Ofilirea de lungă durată lasă urme profunde în organele plantelor şi acestea nu mai pot fi îndepărtate chiar dacă plantele primesc mai târziu apă. Cercetările arată că ofilirea de lungă durată poate duce la îmbătrânirea timpurie a coloizilor, care îşi pierd capacitatea de a se îmbiba cu apă. Membranele celulare suferă modificări structurale şi funcţionale. La grâu şi porumb se modifică conţinutul proteinelor hidrosolubile. La cartof scade conţinutul în clorofilă şi se depune prolină în tulpini, rădăcini şi tuberculi, fiind împiedicată creşterea şi dezvoltarea celulelor. La rapiţă, stresul hidric determină sinteza etilenei şi căderea frunzelor. În general, stresul hidric determină modificări enzimatice, modifică desfăşurarea proceselor de sinteză şi hidroliză, tulbură ordinea de prelucrare a substanţelor sintetizate şi de includere a lor în sistemul schimbului de substanţe.

Observaţiile arată că în frunzele bătrâne forţa de reţinere a apei este mai mică decât în cele tinere din cauza micşorării hidrofiliei coloizilor protoplasmei. Această însuşire joacă un rol important în asigurarea urcării apei de la baza plantei spre vârful ei. Ea face ca frunzele superioare, în cazul apariţiei unei ofiliri temporare, să-şi menţină turgescenţa. Când ofilirea se prelungeşte, frunzele inferioare pierd toată apa şi se usucă, pe când cele superioare continuă să transpire şi să asimileze. Îmbătrânirea determină o reducere a cantităţii de apă legată, datorită scăderii forţelor coloidale ale celulelor şi ţesuturilor.

Rezistenţa la secetă depinde de specia şi soiul cultivat. Astfel, sorgul, iarba de Sudan, lintea, năutul, pepenele verde, pirul crestat, viţa de vie etc, sunt culturi rezistente la secetă. Alte plante au o rezistenţă mijlocie: grâul, secara, orzul, porumbul, floarea soarelui, sfecla pentru zahăr, sparceta, lucerna, măzărichea, obsiga etc. Unele specii, cum ar fi: ovăzul, soia, mazărea, cartoful, trifoiul ş.a. rezistă mai puţin la secetă.

În sămânţă, procesele metabolice sunt foarte reduse, aceasta mulţumindu-se cu apă puţină pentru a se putea conserva un timp îndelungat. În timpul germinaţiei, nevoia de apă sporeşte în funcţie de specie şi soi. În primele 2 - 3 zile după semănat, seminţele pot suporta seceta, dar într-o fază mai înaintată a procesului de germinaţie plantele sunt foarte sensibile la scăderea conţinutului în apă al solului. În continuare, plantele consumă cantităţi mari de apă în perioada formării organelor florale, în timpul fructificării şi în alte perioade. Fazele din perioada de vegetaţie în care plantele sunt foarte sensibile la secetă au fost denumite *perioade critice pentru apă*. Fiecare specie cultivată prezintă una sau mai multe perioade critice (tab. 3.24). Dacă seceta se instalează în timpul perioadelor critice se produce un dezechilibru în corpul plantei, fotosinteza este deranjată şi plantele dau recolte cu 40 - 70 % mai

Scanned with OKEN Scanner

mici. La culturile irigate, aplicarea udărilor nu trebuie întârziată, în special în fazele cu cerințe maxime față de acest factor de vegetație.

Tabelul 3.24

Perioada critică pentru apă la diferite culturi agricole
(după *Botzan*, 1966; *Pleşa* şi *Florescu*, 1968; *Lîmori,* 1983; *Grumeza* şi colab., 1979)

Specia cultivată	Faza critică pentru apă
Culturi de câmp	
Grâu	Plantele în burduf până la umplerea bobului
Porumb	De la înspicat până la coacerea în lapte - ceară
Sfeclă pentru zahăr	După o lună de la răsărit până la recoltat
Cartof	De la înflorit până la recoltare
Floarea soarelui	De la formarea capitulului până la umplerea fructului
Fasole	În timpul înfloritului şi fructificării
Soia	De la îmbobocit până la umplerea bobului
Lucernă pentru fân	Înainte de înflorit şi după fiecare coasă
Sorg, mei	De la apariția paniculului până la umplerea bobului
Legume	
Castraveți, dovlecei, ridichi	În tot cursul perioadei de vegetație
Tomate, ardei	În timpul înfloritului şi creşterii fructelor
Varză, conopidă	În timpul formării căpățânii şi respectiv, inflorescenței
Ceapă	În timpul formării bobului
Morcov	De la semănat la răsărit şi în timpul creşterii rădăcinii
Pomi fructiferi şi viță de vie	
Specii sâmburoase	Cu 3 - 6 zile înainte de înflorit şi la lignificarea sâmburilor
Specii semințoase	Până la înflorit şi în timpul formării fructelor
Vița de vie	La pornirea în vegetație, la înflorit şi creşterea boabelor

3.5 Elementele nutritive ca factor de vegetație

Analizele chimice au arătat că în corpul plantelor se găsesc toate elementele pe care le conține mediul înconjurător dar, 16 dintre ele, numite esențiale, au rol important în creşterea şi fructificarea plantelor iar trei dintre acestea (*C*, *O* şi *H*) reprezintă 90 % din substanța uscată a plantelor.

Elementele care participă la alcătuirea plantelor se pot împărți, după sursa de aprovizionare, în trei categorii: apă (*O* şi *H*), atmosferă (*C* şi *O*) şi sol (*N*, *P*, *K* etc).

După natura lor chimică se deosebesc, grupa nemetalelor (*C*, *H*, *O*, *N*, *S*, *P*, *Cl* etc), care ajung în corpul plantei sub formă de anioni ai sărurilor corespunzătoare şi grupa metalelor (*K*, *Ca*, *Mg*, *Fe* etc), care pătrund în plantă sub formă de cationi.

Aceste grupe de elemente se deosebesc şi după funcțiile lor fiziologice în celulă. Anionii sunt necesari pentru alcătuirea moleculelor de substanță organică, având deci rol plastic. Cationii se găsesc în stare liberă sau slab legată şi îndeplinesc un rol regulator în procesele vitale din plantă. Ei determină menținerea sau modificarea stabilității coloizilor din citoplasmă, înlesnesc diviziunea celulei,

Scanned with OKEN Scanner

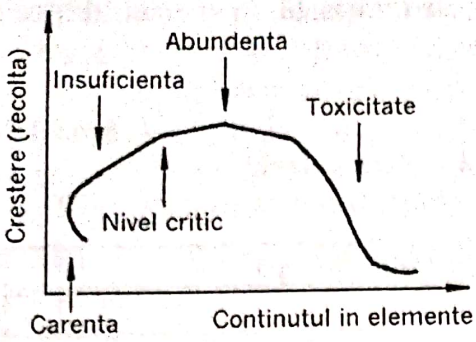


Fig. 3.25 Corelația între creștere (recoltă) și concentrația elementelor din plantă (după *Davidescu D.*, 1999)

menținerea presiunii osmotice, a reacției (pH-ului) sucului celular etc. Unii cationi, cum ar fi cei de *Mg*, *Fe*, *Zn* etc, iau parte și la alcătuirea compușilor organo-minerali.

Lipsa sau insuficiența unuia sau a mai multor elemente determină starea de carență, când procesele fiziologice și biochimice din celulele plantei nu se pot desfășura normal. Creșterea încetează și recolta scade sau este compromisă. Perioada și nivelul critic de aprovizionare cu elemente nutritive variază de la o specie la alta și sub influența mediului înconjurător. Dacă se realizează un raport favorabil între elementele nutritive din sol, recolta poate atinge valori maxime dar în caz de exces se poate ajunge la toxicitate și moartea plantei (fig. 3.25).

Tabelul 3.25

Principalele funcții biochimice ale elementelor nutritive din plantă (după *Davidescu Velicica*, *Davidescu D.*, 1999)

Grupa	Elementul	% din total	Principalele funcții biochimice
I	*C* *O* *H*	45 42 6,5	Constituenții principali ai materiei organice; fac parte din diferite grupări, radicali ioni implicați în procese enzimatice, fotosinteză, respirație, transpirație, sinteza, circulația apei, rezistența la condiții nefavorabile, creștere, dezvoltare; se asimilează prin schimb, în urma unor procese de oxidoreducere formează grupe purtătoare de energie.
II	*N* *S*	1,5 0,4	
III	*P*	0,9	Participă la edificarea acizilor nucleici, formează esteri fosforici cu gruparea *OH* (de la glucide, alcooli, acizi organici) cu rol în acumularea energiei necesare proceselor vitale.
IV	*Ca* *Mg* *K* *Na* *Cl*	$n \cdot 10^{-1}$ $n \cdot 10^{-2}$ 1,6 $n \cdot 10^{-2}$ $n \cdot 10^{-2}$	Participă la reacții specifice, legate de formarea enzimelor și activarea lor, reglează presiunea osmotică a celulei, transpirația, circulația glucidelor, translocația; iau parte la sinteza unor compuși organici (clorofila, glucide, proteine).
V	*Fe* *Cu* *Mn*	$n \cdot 10^{-2}$ $n \cdot 10^{-3}$ $n \cdot 10^{-3}$	Constituenți ai enzimelor, participând atât la formarea cât și la activarea lor. Au rol în rezistența plantelor la condiții nefavorabile și la formarea unor vitamine, pigmenți.
VI	*Mo* *Zn*	$n \cdot 10^{-6}$ $n \cdot 10^{-4}$	Complecși organici, chelați, regulatori ai oxidoreducerii.
VII	*B* *Si* *Al*	$n \cdot 10^{-4}$ $n \cdot 10^{-1}$ $n \cdot 10^{-2}$	Dau esteri borici cu gruparea *OH* (de la glucide, alcooli) participă la metabolismul glucidelor, la sinteza acizilor nucleici și a fitohormonilor.

Scanned with OKEN Scanner

Elementele din natură care se acumulează în corpul plantei în cantități relativ mari (0,01 - 10 %) poartă şi numele de macroelemente (*O, C, H, N, P, K, Ca, S, Mg*). Alte elemente, care se regăsesc în corpul plantei în cantități foarte mici, între 0,01 şi 0,00001 %) sunt numite microelemente sau oligoelemente (*Mn, B, Cu, Zn, Cl, Fe, Mo*). Unele elemente pătrund în corpul plantei în cantități extrem de mici (sub 0,00001 %) şi acestea se numesc ultramicroelemente (*Co, I, Pb, Hg, Au*). Microelementele şi ultramicroelementele intră în componența hormonilor, enzimelor, vitaminelor şi catalizează procesele de sinteză a compuşilor organici. Insuficiența unora dintre ele determină dereglări ale metabolismului sau îmbolnăviri. Astfel, carența de cupru determină îmbolnăvirea cerealelor de *ciuma albă,* insuficiența molibdenului determină *oboseala trifoiului* etc.

În general, elementele chimice din sol participă la toate procesele biologice şi biochimice din sol şi plantă influențând creşterea şi rodirea (tab. 3.25).

3.5.1 Câteva elemente din sol şi plantă

Azotul - atât de necesar pentru viața plantelor - provine parțial, după cum s-a arătat, din aerul atmosferic. El se uneşte cu oxigenul, datorită descărcărilor electrice, şi formează bioxidul de azot care, ajuns în sol odată cu apa ploilor, este transformat în compuşi accesibili plantelor. *Davidescu D.* şi colab. (1981) apreciază că într-un an ajung în sol, pe această cale, 5 - 25 kg azot la ha. O altă cale de pătrundere a azotului atmosferic în sol o constituie fixarea lui de către bacterii (*Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter agile*, *Rhizobium sp.* etc).

Rezerva de azot din sol se află sub formă organică şi este conținută în humus în procent de circa 92 %. Din această rezervă, azotul este mobilizat continuu şi pus la dispoziția plantelor sub formă amoniacală sau nitrică. Anionul nitric este slab adsorbit de complexul coloidal al solului şi poate fi spălat de ape în adâncime. O parte din azotați pot fi descompuşi de bacterii denitrificatoare în amoniac şi azot liber, care se pierde în atmosferă. Amoniacul poate fi reținut de complexul coloidal la solului. Procesul de nitrificare şi fixare a azotului se desfăşoară normal când umiditatea solului se menține la circa 70 % % din capacitatea totală pentru apă.

În corpul plantei, azotul are un rol foarte important, neexistând substanță vie liberă de azot. Protoplasma şi nucleul celulei vii, clorofila, alcaloizii, substanțele proteice etc, toate conțin azot. Cantitatea cea mai mare de azot se găseşte în țesuturile tinere ale plantelor şi scade pe măsură ce ele îmbătrânesc. Azotul se regăseşte în cantitate mai mare în semințele plantelor şi mai mică în tulpini. Astfel, boabele de cereale conțin 1,5 - 2 % azot, iar paiele numai 0,4 %. Când plantele au suficient azot, formează multă clorofilă şi au culoarea verde intens. În cantitate mare, azotul sporeşte consumul de apă, dar şi masa vegetativă. Pe solurile salinizate azotul măreşte rezistența plantelor la concentrația ridicată a sărurilor din sol. Azotul în exces devine însă dăunător, căci plantele cresc prea puternic, se formează țesuturi de susținere slabe şi se obțin producții mici de semințe. În unele cazuri, în plantele furajere şi legume se pot acumula cantități mari de azotați, care devin toxici pentru animale sau om.

Scanned with OKEN Scanner

Insuficiența azotului este, de asemenea, dăunătoare, deoarece plantele cresc încet, frunzele lor se îngălbenesc, se usucă și cad înainte de vreme, plantele nu rodesc sau rodesc foarte puțin.

Cercetările din ultima vreme arată că plantele utilizează tot atât de bine azotul nitric ca și pe cel amoniacal dar, pe solurile neutre plantele folosesc mai intens azotul amoniacal iar în cele acide, azotul nitric. Cerealele și cartoful folosesc mai bine azotul amoniacal iar leguminoasele azotul nitric. Plantele tinere folosesc mai bine decât cele bătrâne azotul amoniacal. Se consideră normal aprovizionate cu azot solurile care conțin 0,141 - 0,270 % *N* (tab. 3.26).

Tabelul 3.26

Caracterizarea stării de fertilitate după conținutul solului în azot total sau în materie organică (după *Davidescu Velicica* și *Davidescu D.*, 1999)

Gradul de aprovizionare	Culturi de câmp		Sere și solarii (% materie organică)
	% *N*	ppm	
Foarte scăzut	< 0,100	< 1000	< 3
Scăzut	0,101 - 0,140	1001 - 1400	3,1 - 4,5
Mijlociu (normal)	0,141 - 0,270	1401 - 2700	4,6 - 6,0
Ridicat	0,271 - 0,600	2701 - 6000	6,1 - 7,5
Foarte ridicat	> 0,600	> 6000	> 7,5

Fosforul din sol provine din roca-mamă. El se găsește în rocile eruptive sub formă de fosfat tricalcic, fosfat feric etc. Cele mai răspândite roci parentale, loessul, argila, nisipul-etc sunt însă sărace în fosfor. În sol, fosforul se găsește în mare parte sub formă de compuși organici și săruri ale acidului fosforic cu *Ca*, *Fe*, *Al*. Prin activitatea bacteriană, fosforul din compușii organici este mineralizat și devine accesibil plantelor. Fosfații minerali greu solubili, cum ar fi fosfatul tricalcic, sunt dizolvați parțial de apa încărcată cu CO_2 și deci, pot fi absorbiți de rădăcinile plantelor. În sol, cantitatea de fosfor solubil (mobil) este de 2 - 8 mg P_2O_5 la 100 g sol și, pe măsură ce se formează este absorbit de plante.

Unele plante (lupin, hrișcă) sunt capabile să folosească și fosforul din fosfatul tricalcic, lăsând solul mai bogat în fosfor accesibil culturii următoare. Sunt plante, în special leguminoase, care au însușirea de a elimina prin rădăcini o parte din fosforul pe care îl conțin. Acidul silicic înlesnește pătrunderea anionului fosforic în plante. În cernoziomuri fosforul circulă foarte puțin, iar în solurile podzolice formează fosfați de fier, aluminiu, și mangan, care sunt inaccesibili pentru plante. De aceea, îngrășămintele fosfatice solubile, aplicate pe soluri podzolice, nu determină sporuri de recoltă. Pe aceste soluri trebuie să se aplice mai întâi amendamente cu calciu și apoi să se administreze îngrășăminte cu fosfor. În acest caz se formează fosfații monocalcici și bicalcici accesibili pentru plante, spre deosebire de fosfații de fier sau aluminiu care sunt inaccesibili. Fosforul se acumulează în cantitate destul de mare și în corpul diferitelor bacterii. În general, mobilitatea acidului fosforic din sol este mică și de aceea el se pierde puțin prin levigare.

Scanned with OKEN Scanner

În plante, fosforul ia parte la sinteza substanţelor de rezervă. El se găseşte în protoplasma celulelor sub formă de fitină, fosfatide şi alţi compuşi organo-minerali, acumulându-se mai mult în organele de reproducere, seminţe şi fructe. Astfel, în boabele de grâu fosforul se găseşte în cantitate de 0,85 %, iar în tulpini de 0,2 %.

Insuficienţa fosforului în sol provoacă tulburări de vegetaţie, cerealele nu mai înfrăţesc, nu se mai coc la timp şi recolta este scăzută. În cantitate optimă, fosforul favorizează dezvoltarea rădăcinilor, înflorirea, fecundarea florilor şi fructificarea. La o aprovizionare bună cu fosfor plantele îşi fac rezerve de fosfor în rădăcini încă din primele faze de vegetaţie (*Popescu Ch.* şi colab., 1970). Apa este consumată mai economic de către plantele bine aprovizionate cu fosfor. La umiditate potrivită a solului, plantele absorb cantităţi mai mari de fosfor. S-a observat că plantele de porumb, grâu, soia etc, care au pe rădăcini micoriză absorb cu 40 % mai mult fosfor, dar aceste ciuperci pot fi distruse cu pesticide sau îngrăşăminte minerale în doze mari.

Fosforul îmbunătăţeşte calitatea recoltei de sfeclă, cartof, cereale etc. De asemenea, influenţează favorabil dezvoltarea microorganismelor din sol, care fixează azotul din aer. Dar fosforul este foarte important şi pentru viaţa animalelor şi a omului şi de aceea a fost denumit de *Fersman A. E.*, „elementul vieţii şi al gândirii". Solurile care conţin 0,201 - 0,250 P_2O_5 se consideră bine aprovizionate cu fosfor (tab. 3.27).

Tabelul 3.27

Caracterizarea stării de fertilitate după conţinutul solului (lutos) în fosfor (după *Davidescu Velicica* şi *Davidescu D.*, 1999)

Gradul de aprovizionare	Fosfor total (% P_2O_5)	ppm					
		Culturi de câmp		Culturi intensive: legume, pomi, viţă de vie			
		Fosfor potenţial asimilabil (Al)		Potenţial asimilabil (Al)		Extras cu apă (1:5)	
		P	P_2O_5	P	P_2O_5	P	P_2O_5
Foarte scăzut	< 0,100	< 4	< 9	< 20	< 45	< 5	< 10
Scăzut	0,101 - 0,150	5 - 20	10 - 45	21 - 35	46 - 80	6 - 10	11 - 20
Mijlociu	0,151 - 0,200	21 - 35	46 - 80	36 - 70	81 - 160	11 - 20	21 - 45
Bun (normal)	0,201 - 0,250	36 - 50	81 - 110	71 - 110	161 - 250	21 - 30	46 - 70
Ridicat	0,251 - 0,300	51 - 70	111 - 160	111 - 145	251 - 330	31 - 40	71 - 90
Foarte ridicat	> 0,300	> 71	> 161	> 146	> 331	> 41	> 91

Potasiul provine în sol din roca pe care s-a format. Sunt bine aprovizionate cu potasiu rocile eruptive şi sedimentare. Sărurile de potasiu din sol, afară de silicaţi, sunt uşor solubile, fiind spălate de ape în adâncime. O parte din potasiu este adsorbit de complexul coloidal al solului, fiind reţinut la suprafaţă. Conţinutul solului în potasiu variază între 0,05 şi 2,05 % (tab. 3.28). Pe podzoluri şi în soluri

Scanned with OKEN Scanner

turboase potasiul se găseşte în cantitate mică. În general, solurile din ţara noastră sunt bine aprovizionate cu potasiu.

Potasiul se găseşte în cantităţi mari în corpul plantelor, acumulându-se mai mult în tulpini şi frunze şi mai puţin în seminţe şi rădăcini (tab. 3.29). Acest element chimic micşorează transpiraţia celulelor, mărind deci rezistenţa plantelor la secetă. Potasiul influenţează favorabil consumul de apă al plantelor - datorită gradului său ridicat de hidratare - şi contribuie la formarea ţesuturilor mecanice, mărind rezistenţa la cădere a cerealelor şi rezistenţa fibrelor plantelor textile. De asemenea, sporeşte rezistenţa plantelor la ger şi intensifică fotosinteza, favorizând migrarea substanţelor sintetizate spre organele de depozitare. În cantitate insuficientă, potasiul împiedică formarea substanţelor proteice. Este bine ca plantele să găsească la începutul vegetaţiei suficient potasiu în mediul nutritiv, pentru a-l înmagazina în organismul lor.

Tabelul 3.28

Caracterizarea stării de fertilitate după conţinutul solului în potasiu
(după *Davidescu Velicica* şi *Davidescu D.*, 1999)

Gradul de aprovizionare	Potasiu total (%)	ppm			
		Culturi de câmp		Culturi intensive: legume, pomi, viţă de vie	
		Potenţial asimilabil (Al)		Potenţial asimilabil (Al)	
		K	*KO*	*K*	*KO*
Foarte scăzut	< 0,05	< 60	< 70	< 100	< 120
Scăzut	0,051 - 0,08	61 - 120	71 - 145	101 - 150	121 - 180
Mijlociu	0,081 - 1,20	121 - 180	146 - 220	151 - 200	181 - 240
Bun (normal)	1,21 - 1,60	181 - 240	221 - 290	201 - 250	241 - 300
Ridicat	1,60 - 2,0	241 - 300	291 - 360	251 - 350	301 - 440
Foarte ridicat	> 2	> 300	> 360	> 350	> 441

Tabelul 3.29

Conţinutul în calciu, magneziu şi potasiu a plantelor de trifoi şi timoftică (coasa întâi)
(după *Sokolov A.V.*, 1955)

Anul de vegetaţie	Timoftică (% din cenuşă)			Trifoi (% din cenuşă)		
	CaO	*MgO*	*K_2O*	*CaO*	*MgO*	*K_2O*
Rădăcini						
I	12,1	3,8		12,8	9,1	22,1
II	14,7	4,5	25,7	21,4	17,6	16,6
Masa aeriană						
I	6,0	3,2	57,1	36,4	8,2	34,7
II	6,7	3,0	56,1	44,5	11,5	23,9

Scanned with OKEN Scanner

Plantele care sintetizează cantități însemnate de hidrați de carbon sau grăsimi sunt mari consumatoare de potasiu (floarea soarelui, sfecla pentru zahăr, tomatele etc). Dacă solul este sărac în potasiu, frunzele de porumb capătă culoare verde-gălbuie, sunt ca arse pe margini şi formează ştiuleți mici. La vița de vie frunzele se brunifică şi se înroşesc.

Potasiul pătrunde în corpul plantei ca ioni din sărurile solubile (SO_4K_2, ClK, NO_3K) şi din complexul coloidal al solului.

Calciul provine în sol din roci (silicați, fosfați, marne, gresii etc). Poate fi adsorbit de complexul coloidal (argilohumic) şi dacă se găseşte în sol sub formă de carbonat de calciu este imobil, fiind insolubil, dar în prezența bioxidului de carbon trece în bicarbonat de calciu, care este solubil şi poate fi deplasabil. Împreună cu humusul, calciul leagă între ele particulele de sol şi formează glomerule, dând solului structura stabilă. Toate aceste procese duc la îmbunătățirea fertilității solului.

Calciul influențează şi activitatea microorganismelor din sol. Astfel, sunt stimulate microorganismele care oxidează amoniacul, fierul etc, precum şi cele care fixează azotul atmosferic. Conținutul de calciu la cele mai multe soluri variază între 0,3 - 2,0 %, $CaCO_3$ găsindu-se în orizonturile de la suprafață în solurile de stepă şi respectiv, în profunzime în silvostepă şi în zona forestieră. Precipitațiile abundente reduc conținutul în calciu din straturile superficiale ale solului. Pe solurile acide trebuie să se administreze amendamente cu calciu pentru a îmbunătăți însuşirile fizice, precum şi condițiile de hrană ale plantelor. Prin aceasta se realizează şi reducerea coeficientului de transpirație al plantelor. Plantele absorb cationul de calciu din sărurile solubile $(NO_3)_2Ca$, SO_4Ca, $(CO_3H)_2Ca$ etc. El se acumulează în frunze sub formă de oxalat de calciu şi sulfat de calciu şi participă la formarea membranelor celulare, a fibrelor lemnoase ale tulpinii etc. Împreună cu acidul pectic formează pectatul de calciu, insolubil, care alcătuieşte scheletul membranelor celulare. în paiele cerealelor se găseşte de 4 - 6 ori mai mult calciu decât în boabele lor. Frunzele mai bătrâne de varză şi sfeclă conțin mai mult calciu decât cele tinere. Insuficiența calciului din sol face ca frunzele să rămână subțiri, rădăcinile scurte, vârfurile de creştere se ofilesc şi se usucă, plantele devin sensibile la ger şi la secetă. Unele plante, cum ar fi varza, leguminoasele ş.a. au însuşirea de a fixa mai mult calciu în corpul lor (tab. 3.30). Gramineele furajere acumulează mai mult calciu în rădăcini iar leguminoasele în părțile aeriene (v. tab. 3.29).

Tabelul 3.30

Cantitatea medie de *CaO* extras anual din sol odată cu recolta de pe suprafața de 1 ha

15 - 40 kg	40 - 60 kg	60 - 120 kg	120 - 200 kg	200 - 300 kg
Grâu Orz Porumb	Mazăre Fasole Sfeclă	Fl. soarelui Cartof Tutun	Trifoi Lucerna Tomate	Varză

În mod indirect, calciul joacă un rol foarte important în viața plantelor întrucât neutralizează acizii organici şi anorganici din sol (nitric, fosforic etc) şi deplasează

Scanned with OKEN Scanner

din complexul coloidal alți cationi (*K*, *Na*, *Mg*) care sunt necesari pentru nutriția plantelor.

Magneziul se află în rocile de solificare sub formă de silicat, carbonat, iar în sol sub formă de sulfat, clorură, nitrat, fosfat etc. Comportarea magneziului în sol este asemănătoare cu aceea a calciului. În plantă, magneziul intră în constituția clorofilei și participă direct în procesul de fotosinteză. De asemenea, însoțește fosforul în substanța proteică și intră în constituția enzimelor, având un rol important în metabolismul plantei. Magneziul îndeplinește o funcție însemnată și în procesul de asimilare a fosforului din compușii minerali, în formarea fructelor și a semințelor etc. La plantele furajere se acumulează ceva mai mult în rădăcini (v. tab. 3.29). În solurile cu magneziu insuficient, administrarea acestui element reduce consumul de apă al plantelor. La un conținut în magneziu de 121 - 400 ppm solul se consideră bine aprovizionat în acest element (tab. 3.31).

Tabelul 3.31

Caracterizarea stării de fertilitate după conținutul solului în magneziu
(după *Davidescu Velicica* și *Davidescu D.*, 1999)

Gradul de aprovizionare	ppm	
	Mg	*MgO*
Foarte scăzut	< 60	< 100
Scăzut	61 - 120	100 - 200
Mijlociu	121 - 400	201 - 600
Ridicat	401 - 601	601 - 1000
Foarte ridicat	> 601	> 1000

Sulful se găsește în sol sub formă de sulfat de calciu, sulfat de magneziu etc sau sub formă de compuși organici, în humus. Conținutul în sulf al solurilor este de 0,05 - 0,6 % SO_3. Din descompunerea substanțelor organice ia naștere hidrogenul sulfurat. Acesta este oxidat de sulfobacterii fiind transformat în acid sulfuric care, împreună cu cationii din sol formează sulfați solubili accesibili plantelor. Acești sulfați se pot pierde prin levigare și de aceea, în solurile din zonele umede se găsesc în cantități mai mici. Sulfatul administrat pe soluri alcaline este oxidat de bacterii formându-se acidul sulfuric care, micșorează alcalinitatea solului. Plantele absorb anionul sulfuric SO_4^{-2} din sărurile solubile. Acesta joacă un rol important în nutriția plantelor, participând la formarea substanțelor proteice și a uleiurilor eterice. Plantele din familiile *Cruciferae* și *Leguminosae* conțin cantități mari de sulf. Insuficiența sulfului poate provoca boli la unele plante și determină îngălbenirea frunzelor. Simptomele insuficienței sulfului apar, în special, pe timp de secetă. Sulful are o acțiune favorabilă și în organismul animal, cu deosebire la ovine, deoarece firul de lână conține mult sulf.

Manganul are rol de catalizator în procesele de absorbție și sinteză, mai ales în perioadele de germinare a semințelor. Manganul sporește conținutul în amidon al tuberculilor de cartof, conținutul în substanțe proteice al boabelor de grâu etc și mărește rezistența plantelor la secetă, frig ș.a. Acest element chimic, se localizează la ovăz în cantități mari în inflorescență iar la mazăre în frunze (*Popescu Ionela* și

Scanned with OKEN Scanner

colab., 1964). Manganul exercită o acțiune favorabilă asupra bacteriilor fixatoare de azot. Insuficiența acestui element determină apariția pe frunze a unor pete brune sau benzi clorotice, dezvoltarea redusă a sistemului radicular și plantele se smulg ușor. Carența în mangan apare, în special, pe solurile cu un conținut ridicat în calciu.

Pe solurile carbonatice, datorită pH-ului alcalin, mobilitatea manganului este diminuată și plantele nu-și pot procura acest element în cantitatea necesară. Aplicarea îngrășămintelor cu mangan (12 - 16 kg/ha *Mn*) pe un soloneț ameliorat la Valea Călugărească a sporit recolta de porumb, raigras, sfeclă pentru zahăr și sfeclă furajeră, îmbunătățind și conținutul recoltei în proteină și respectiv zahăr (*Jamel A. M.*, 1981).

Prin tratarea semințelor sau stropirea plantelor cu soluții ce conțin mangan s-au obținut, în unele cazuri, sporuri însemnate de recoltă. Conținutul mediu al solului în mangan este de 26 - 50 ppm (tab. 3.32).

Tabelul 3.32

Caracterizarea stării de fertilitate după conținutul solului în mangan, cupru, molibden, bor și zinc (după *Davidescu Velicica* și *Davidescu D.*, 1999)

Microelementul	Gradul de aprovizionare				
	Foarte scăzut	Scăzut	Mijlociu	Ridicat	Foarte ridicat
BOR (*B*) solubil în apă fierbinte	< 0,15	0,16 - 0,35	0,36 - 0,60	0,61 - 2,0	> 2,1
CUPRU (*Cu*) în extract cu HNO_3 - 0,43·*n*	< 1,5	1,6 - 4	4,1 - 8	8,1 - 2,0	> 21
MANGAN activ (*Mn*) în extract cu sulfat de *Mg* și sulfat de *Na*	< 10	11 - 25	26 - 50	51 - 100	> 101
MOLIBDEN (*Mo*) în extract cu oxalat de amoniu și acid ascorbic pH = 6 pH = 7	 < 0,02 < 0,01	 0,03 0,02	 0,04 - 0,07 0,09	 0,08 - 0,12 0,04 - 0,07	 > 0,13 > 0,08
ZINC (*Zn*) în *EDTA* - $NH_4(CO_3)_2$ pH = 8	< 0,40	0,41 - 0,80	0,81 - 1,2	1,21 - 1,6	> 1,6

Cuprul se găsește în cantitate mică în solurile podzolice și, în special, în cele turboase, desecate, luate de o perioadă scurtă de timp în cultură. Se întâlnește totdeauna în compoziția plantelor și are un rol important în viața acestora. Oxidazele și alți fermenți conțin cupru. Acesta mărește rezistența plantelor la ger - prin sporirea coloizilor - precum și rezistența lor la secetă, făcând ca apa să se mențină mai bine în celule. În cantitate potrivită, cuprul sporește conținutul de zahăr al rădăcinilor de sfeclă și înlesnește acumularea uleiului în semințele de floarea soarelui. Aplicat împreună cu borul și zincul, sporește în mod evident recolta la porumb (*Pîntea C.* și colab., 1966). Insuficiența cuprului determină apariția pe frunze a unor pete albe, țesuturile tinere își pierd turgescența, cerealele formează spic mic și recolta scade. Cuprul se acumulează, în special, în ficatul animalelor tinere și prezintă mare importanță pentru organismul animal. Insuficiența acestui

Scanned with OKEN Scanner

element în hrană provoacă o gravă anemie la vacile pentru lapte. Solurile din țara noastră conțin 1,5 - 21 ppm cupru (tab. 3.32).

Borul se găseşte în sol în cantităţi de 0,15 - 2,0 ppm (tab. 3.32) şi se prezintă sub formă de compuşi anorganici sau organici. Pe solurile nisipoase acest element este spălat în adâncime. Borul are un rol important în înflorirea şi formarea fructelor precum şi la creşterea rădăcinilor. Bacteriile fixatoare de azot folosesc borul. Pe solurile alcaline, insuficienţa borului provoacă la sfecla pentru zahăr o boală periculoasă (putregaiul părţii centrale a rădăcinii) iar la tutun, lucernă şi pomi fructiferi împiedică creşterea normală. Îngrăşămintele cu bor sporesc recolta la porumb. În cantitate potrivită, acest element favorizează rezistenţa plantelor la secetă, reducând consumul de apă. În condiţiile pedoclimatice din ţara noastră se resimte insuficienţa borului (sub 0,15 ppm) pe solurile nisipoase din Oltenia, Câmpia Crişurilor şi alte zone. La plantele dicotiledonate şi mai ales la vița de vie, pomii fructiferi, sfecla pentru zahăr, lucernă ş.a. se remarcă uneori carenţa de bor.

Zincul se acumulează în sol în cantităţi de 0,4 - 1,6 ppm (tab. 3.32) iar în plantele sărace în clorofilă acest element se regăseşte în cantităţi de 7 - 27 ppm pentru ca în cele bogate în clorofilă să ajungă până la 95 ppm. Depăşirea acestor cantităţi devine toxică. Gramineele acumulează mai puţin zinc decât leguminoasele. Pe solurile nisipoase apare adesea carenţa de zinc şi aceasta produce perturbări, în special, la pomii fructiferi cum ar fi vişinul, piersicul, părul, caisul, mărul, precum şi la vița de vie. Dintre culturile de câmp sufăr soia, fasolea, porumbul, inul, ricinul ş. a.

Zincul apare în cantitate insuficientă în solurile bălane şi cernoziomuri, cu pH predominant alcalin, din sudul ţării, Dobrogea, Câmpia Tisei, Podişul Bârladului, Câmpia Jijiei etc. Îngrăşămintele fosfatice în doze mari au pus în evidenţă insuficienţa zincului, în special, pe erodisoluri cultivate cu porumb în Moldova (*Petrovici P., Pleşa D.*, 1968) şi în Bărăgan. Insuficienţa zincului s-a remarcat, cu deosebire, pe solurile nisipoase din sudul Olteniei, Câmpia Crişurilor, Câmpia Tecuciului (Hanul lui Conachi) etc.

Cobaltul se găseşte în cantitate redusă în solurile nisipoase şi nisipurile din sudul Olteniei (sub 0,3 ppm) împiedicând, la plantele leguminoase, activitatea bacteriilor fixatoare de azot. Cantităţi reduse de cobalt mai conţin şi solurile acide (brun luvice, luvisoluri albice etc) iar plantele furajere din zonele respective induc insuficienţa cobaltului la animalele rumegătoare (*Băjescu Irina* şi colab., 1984). Dacă conţinutul solului în cobalt depăşeşte 30 ppm, creşterea normală a plantelor este încetinită, la orez, spre exemplu, reducerea recoltei fiind de 10 - 15 %.

Molibdenul se găseşte în cantităţi reduse în solurile acide şi prin amendare se intensifică mobilitatea şi accesibilitatea lui pentru plante (tab. 3.32). Pe solurile brune acide din depresiunile submontane, ocupate cu păşuni şi fânețe, aplicarea îngrăşămintelor cu molibden stimulează creşterea leguminoaselor. Pentru a evita apariţia unui dezechilibru în balanţa *Mo - Cu* trebuie urmărit şi conţinutul de cupru a acestor soluri (*Băjescu Irina* şi colab. 1984). La Livada, jud. Maramureş, pe un sol luvic, fertilizarea cu molibden a sporit recolta la soia (*Rusu* şi colab. 1972). Doze mari de îngrăşăminte cu azot determină apariţia insuficienţei molibdenului la

Scanned with OKEN Scanner

floarea soarelui (*Lăcătuşu R., Borlan Z.*, 1978). Prin aplicarea ca îngrăşământ a molibdatului de amoniu (2 kg *Mo*/ha) nutriţia plantelor se echilibrează şi producţia sporeşte.

Tabelul 3.33

Modificări biochimice ale recoltei în primele stadii datorită carenţei în elemente nutritive (după *Bussler*, 1972 citat de *Davidescu D.*, 1981)

Carenţa în:	Modificări în compoziţia chimică a recoltei
N	Creşterea relativă a fracţiunilor de hidraţi de carbon, o lignificare mai accentuată
S	Îmbogăţirea în compuşi cu azot în greutate moleculară mică
P	Creşterea conţinutului în substanţă organică de ordin secundar ca: antocianina, acidul chinic etc.
K	Îmbogăţirea ţesuturilor în substanţe dăunătoare ca putresceina
B	Creşterea conţinutului într-o substanţă care stimulează dezvoltarea celulară sau a alteia care o inhibă
Cu	Inhibarea activităţii fenoloxidazei, lignificare redusă
Fe	Inhibarea sintezei proteinelor, sporirea compuşilor solubili cu azot şi în acizi organici
Mo	Creşterea conţinutului în nitraţi

Tabelul 3.34

Sensibilitatea plantelor la aplicarea unor îngrăşăminte cu microelemente

Plantă	Bor	Cupru	Fier	Mangan	Molibden	Zinc
Lucernă	B	B	M	M	M	S
Fasole	S	S	B	B	S	B
Porumb	S	M	M	S	S	B
Sorg	S	M	B	B	S	B
Cartof	S	S	-	M	S	M
Sfeclă de masă	B	B	B	B	M	M
Orz	-	B	-	M	-	B
Sfeclă pentru zahăr	B	M	B	M	-	M
Grâu	-	B	-	B	-	M

B - bună; M - mijlocie; S - slabă.

Îngrăşămintele cu microelemente, deşi se folosesc în cantităţi mici, trebuie aplicate, în special, la unele culturi sensibile la insuficienţa lor şi în condiţii pedoclimatice care au determinat acumularea acestora în sol în cantităţi reduse. Carenţa diferitelor elemente nutritive produce modificări biochimice în plantă şi poate degrada recolta (tab. 3.33). În general, cele mai multe plante de cultură reacţionează favorabil a aplicarea îngrăşămintelor cu microelemente (tab. 3.34) iar numărul microorganismelor din sol (bacterii, actinomocete, ciuperci) sporeşte în prezenţa borului, molibdenului şi manganului (tab. 3.35).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.35

Influența microelementelor asupra microflorei din sol sub diferite culturi
(după *Eliade Gh.* și colab., 1984)

Varianta	Bacterii (mil/1 g sol)			Actinomicete (mii/1 g sol)			Ciuperci (mii/1 g sol)		
	Determinarea								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Grâu de toamnă									
Netratat	2,5	3,5	1,8	1100	1100	900	300	600	150
Bor	3,5	4,5	3,5	1600	1800	1000	800	900	100
Molibden	4,5	7,0	3,0	1050	1600	1300	400	1200	190
Mangan	2,9	3,0	2,3	1600	1800	1600	200	300	130
Grâu de primăvară-									
Netratat	4,3	4,7	2,7	0	500	900	-	-	-
Bor	5,6	6,0	11,0	0	650	1500	-	-	-
Molibden	6,4	12,0	9,1	0	850	1200	-	-	-
Mangan	6,0	5,1	-	0	800	1600	-	-	-
Porumb									
Netratat	3,9	4,5	2,9	55	450	1050	100	200	190
Bor	6,2	6,9	2,8	105	600	1200	200	990	300
Molibden	6,6	7,5	3,7	80	550	1000	200	410	520
Mangan	4,9	4,9	2,9	100	500	1350	400	440	400
Sfeclă pentru zahăr									
Netratat	4,0	4,5	2,6	200	400	800	300	800	-
Bor	4,6	5,0	2,8	300	900	800	600	1200	-
Molibden	6,0	6,9	4,9	300	1100	1050	500	800	-
Mangan	5,6	3,7	2,0	400	600	900	400	600	-
Cartof									
Netratat	2,4	3,7	2,0	200	1500	1600	180	600	300
Bor	2,3	4,8	2,2	400	1800	1600	280	600	800
Molibden	3,5	4,8	2,6	400	2300	400	300	800	1100
Mangan	2,9	3,4	2,9	400	1630	1700	1400	100	400

3.5.2 Fixarea azotului din atmosferă

Aerul nepoluat conține 78,30 % azot, 20,7 % oxigen și cantități foarte mici de argon, oxizi de carbon și de azot, vapori (v. tab. 3.11). Se apreciază că deasupra unui m^2 de teren se află în atmosferă circa 30 t de azot, dar numai anumite microorganisme au capacitatea de a folosi această sursa inepuizabilă de aprovizionare cu azot. Acestea sunt bacteriile simbiotice și cele fixatoare de azot care trăiesc libere în sol, precum și unele alge.

Bacteriile simbiotice sunt caracteristice diferitelor specii de leguminoase: *Rhizobium phaseoli* pentru fasole, *R. Japomiceum* pentru soia, *R. leguminosonium* pentru mazăre, bob și linte, *R. lupini* pentru lupin și seradela, *R. cicer* pentru năut, *R. trifolii* pentru trifoi, *R. meliloti* pentru lucernă și sulfină etc. Mecanismul

Scanned with OKEN Scanner

biochimic de fixare a azotului din aer este foarte complex şi se desfăşoară cu un mare consum de energie, pusă la dispoziţie de planta gazdă. Bacteria produce enzima nitrogenază care, activează molecula de azot precum şi dehidrogenază care eliberează hidrogenul, creându-se posibilitatea formării amoniacului şi transformării lui în aminoacizi.

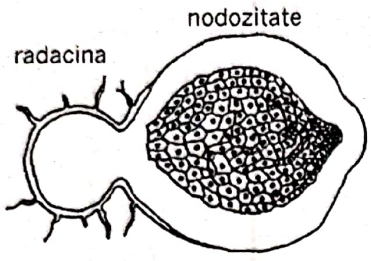


Fig. 3.26 Structura unei nodozităţi (după *Rawald W.*, 1963)

Bacteriile au formă de bastonaş (1,5 - 7 μ), de pară sau pot prezenta ramificaţii. Cele sub formă de bastonaş pătrund din sol în rădăcinile leguminoaselor tinere prin perii radiculari, se înmulţesc folosind substanţele nutritive din plantă şi se acumulează în nodozităţile care se formează în ţesutul meristematic al rădăcinii (fig. 3.26).

Fig. 3.27 Repartiţia nodozităţilor pe rădăcina leguminoaselor

Forma şi mărimea nodozităţilor diferă de la o specie la alta (fig. 3.27) iar numărul lor variază de la 10 la 100 - 200 pe o plantă. Pe rădăcinile leguminoaselor se pot întâlni şi nodozităţi false, produse de nematozi sau alte bacterii. Formarea nodozităţilor începe la 3 - 4 săptămâni după răsărirea plantei şi se intensifică până la înflorire, după care încep să se descompună. Cantitatea de azot fixat de bacterii, din aerul existent în sol, depinde de volumul şi greutatea nodozităţilor, variind de la o specie la alta (tab. 3.36). Planta gazdă absoarbe o parte din acest azot iar restul rămâne în sol după descompunerea nodozităţilor şi rădăcinilor. Gramineele cultivate împreună cu leguminoasele folosesc o parte din azotul fixat de bacterii şi dau recolte mai mari decât în cultură pură (tab. 3.37). Înmulţirea şi activitatea bacteriilor depind de condiţiile de vegetaţie a plantelor, buna afânare a solului, *pH* apropiat de neutru, buna aprovizionare cu molibden, fier şi alte elemente. Azotul mineral din sol este necesar numai în primele faze de vegetaţie a plantelor, până la formarea nodozităţilor. Excesul de azot, insuficienţa fosforului, molibdenului, borului, cobaltului, fierului ca şi seceta, inhibă formarea nodozităţilor şi fixarea azotului. Unele bacterii inactive formează nodozităţi dar nu fixează azot şi pentru a intensifica această activitate se folosesc culturi specifice de bacterii active, numite Nitragin. Aceste bacterii sunt distribuite cu ajutorul apei pe seminţe, înainte de semănat, şi ajunse în sol ele predomină alte bacterii, formează nodozităţi, fixează mai mult azot şi sporesc recolta. Tratamentul seminţelor trebuie făcut numai cu 1 - 2 ore înainte de semănat, la lumină difuză căci razele soarelui distrug bacteriile. Sporul de recoltă obţinut cu ajutorul Nitraginului sau Azotofertilului variază mult, în funcţie de condiţiile de mediu şi specia cultivată (tab. 3.38).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.36

Cantitatea de azot (kg N/ha·an) fixată sub culturile de leguminoase de către simbionții bacterieni (după *Eliade Gh.* şi colab., 1984)

Cultura	Cantitatea probabilă	Limite
Bob	210	45 - 550
Mazăre	65	52 - 77
Lupin	176	130 - 208
Fasole	202	68 - 342
Fasole „mung"	61	-
Vigna sinensis	198	13 - 358
Năut	103	-
Arahide	124	72 - 124
Soia	94	< 170
Trifoi roşu	115	< 140
Trifoi alb	125	-
Lucernă	176	-

Tabelul 3.37

Recolta de fân şi proteină (kg/ha) obținută la trifoiul alb şi firuță (*Poa pratensis*) cultivate singure şi împreună (după *Staicu Gh.*, 1969)

Produsul obținut	Cultivate singure			Cultivate împreună		
	Firuță	Trifoi alb	Total	Firuță	Trifoi alb	Total
Fân	987	3.441	4.428	2.512	3.071	5.588
Proteină	178	1.204	1.382	628	1.075	1.703

Tabelul 3.38

Rezultatele privind aplicarea Nitraginului (media pe trei ani) (după *Eliade Gh.* şi colab., 1975)

Cultura	Nr. de experiențe	Spor de producție (kg/ha)
Mazăre boabe	9	290
Fasole	10	170
Soia	9	210
Lucernă fân - an I	1	400
Trifoi fân - an I	1	920

Dintre bacteriile care trăiesc libere în sol, cele din genurile *Azotobacter* şi *Clostridium*, folosesc azotul din aer pentru formarea corpului lor iar după moarte îmbogățesc solul în azot. *Azotobacter* este aerobă şi se dezvoltă bine în solurile afânate, bogate în substanță organică, şi bine aprovizionate cu fosfor. Cea mai răspândită specie este *Azotobacter Chroococcum*, care fixează anual 1 - 25 kg N/ha, în funcție de condițiile de mediu. Biopreparatele Azotobacterin sau

Scanned with OKEN Scanner

Azotofertil pot determina unele sporuri de recoltă, în special, pe terenurile fertilizate cu gunoi de grajd (tab. 3.39).

Tabelul 3.39

Efectul Azotobacterinului în relație cu fertilizarea solului
(după *Eliade Gh.* și colab., 1975)

Tipul de cultură	Planta	Fertilizare	Producția pe suprafața nebacterizată (t/ha)	Spor de recoltă prin bacterizare (%)
Culturi de câmp	Porumb	Cu gunoi	5,47	33,4
		Minerală	5,50	12,7
	Cartof	Cu gunoi	17,00	25,3
		Minerală	10,90	12,8
Legume	Varză	Cu gunoi	23,93	19,0
	Roșii	Cu gunoi	15,80	28,0

Clostridium pasteurianum este anaerobă, poate trăi și în soluri mai tasate, cu pH cuprins între 5,7 -7,0 dar, fixează mai puțin azot decât *Azotobacter.* Unele specii de alge cum ar fi: *Nastoc punctiforme*, *N. muscorum*, *Anabena variabilis* și altele, pot fixa anual între 15 și 50 kg N/ha și prezintă importanță pentru orezării.

3.5.3 Pătrunderea elementelor chimice în corpul plantei

Elementele chimice pătrund în corpul plantei odată cu apa, dar procesul de absorbție a cationilor și anionilor este foarte complex. (v. 1.2.2). Plantele își procură energia necesară pentru absorbția elementelor nutritive din soluția solului prin oxidarea glucidelor din rădăcini. Pentru aceasta, trebuie să se găsească suficient oxigen la adâncimea până la care se dezvoltă rădăcinile. De aceea, unii cercetători consideră respirația, absorbția apei și a elementelor nutritive ca două faze ale aceluiași proces. Cantități însemnate de elemente nutritive pătrund în plantă prin țesuturile tinere de la vârful rădăcinii și a perișorilor radiculari, unde și respirația este mai intensă (tab. 3. 40).

Tabelul 3.40

Respirația, capacitatea totală de schimb, conținutul de substanțe pectice de *N* și *Ca* al rădăcinilor, la diferite distanțe măsurate de la vârf (după *Staicu Gh.*, 1969)

Depărtarea de la vârful rădăcinii (mm)	Respirația (ml O_2/100 g s.u. pe oră)	CTS (me/100 g rădăcini uscate)	Substanțe pectice (me/100 g rădăcini uscate)	Conținutul de elemente chimice (% s.u.)	
				N	*Ca*
0 - 2,5	212	134	63	2,17	0,33
10 - 20	160	65	51	2,06	0,24

Scanned with OKEN Scanner

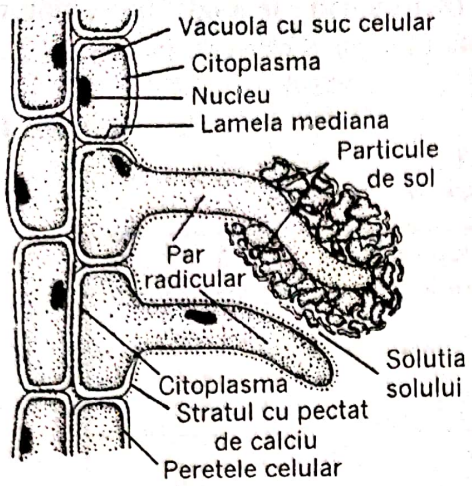


Fig. 3.28 Celule de la suprafața rădăcinii cu peri radiculari care au pătruns între particulele de sol

Tabelul 3.41

Conținutul elementelor nutritive principale în plante și sol (după *Dorneanu A.*, 1976)

Elemente nutritive	‰ în plante	‰ în sol
N	15 - 30	0,8 - 3
P_2O_5	6 - 12	0,6 - 2,5
S	3 - 10	0,5 - 1
CaO	15 - 30	5
MgO	4 - 8	4
K_2O	15 - 35	10 - 20
Fe	0,1 - 0,15	5 - 10
Mn	0,02 - 0,05	0,2 - 0,6
B	0,01 - 0,015	0,01 - 0,03
Zn	0,02 - 0,04	0,05 - 0,1
Cu	0,005 - 0,03	0,015 - 0,1
Mo	0,001 - 0,005	0,01 - 0,05

În general, absorbția ionilor depinde de respirație, căci aceasta influențează, cu deosebire, sinteza proteinelor care, măresc capacitatea celulelor de a absorbi ionii din mediul extern. De aceea, în timpul irigării trebuie să se asigure plantelor și o bună aerisire. Ionii adsorbiți de către particulele coloidale ale solului se găsesc într-o mișcare oscilatorie, datorită reținerii prin forțe de tensiune electrostatică. În urma contactului între suprafața particulelor coloidale ale solului și suprafața perișorilor radiculari are loc trecerea ionilor de pe o suprafață pe alta. Cationii și anionii de pe particulele coloidale ale solului trec pe rădăcinile plantelor, iar ionii de H^+ sau CO_3H^- de pe perișorii radiculari trec pe particulele coloidale din sol (fig. 3.28).

Se presupune că în perii radiculari ai rădăcinii există unele molecule transportoare de ioni; acestea se combină cu anumiți ioni proveniți din soluția solului și înlesnesc trecerea lor, mai departe, prin membrana celulelor. Așa se explică absorbția selectivă a ionilor. Intrând în compoziția protoplasmei, ionii formează un număr nesfârșit de combinații cu substanțele organice. Între plantă și mediul înconjurător se stabilește astfel o strânsă legătură și o acțiune reciprocă, încă de la îngroparea seminței în sol. Contactul strâns al rădăcinilor cu particulele de sol are o importanță foarte mare căci, permite acestora să dizolve sărurile greu solubile. Plantele nu absorb elementele nutritive în aceeași proporție cum se află în soluția solului, ci în proporții adecvate cerințelor biologice (tab. 3.41). În general, în primele faze de vegetație plantele absorb mai mult azot, care le ajută la creștere, iar mai târziu absorb mai mult fosfor și potasiu, care le ajută la fructificare.

Fenomenul de absorbție este aproape continuu, însă intensitatea lui se modifică în permanență. Această modificare apare ca un proces normal, întrucât diferiți ioni absorbiți schimbă structura materiei vii a celulelor rădăcinii. De natura ionilor

Scanned with OKEN Scanner

absorbiți din sol depinde viteza și sensul curentului de ioni în schimbul de substanțe între celulă și soluția solului, precum și refacerea periodică a structurii celulare din întregul corp al plantei.

În procesul acțiunii reciproce dintre celulele rădăcinii și soluția solului există de fapt două sisteme de absorbție: unul este planta iar celălalt coloizii din sol. Circulația ionilor are loc sub forma unei deplasări de la sol spre plantă și, în unele condiții, de la plantă spre sol.

Deplasarea ionilor din sol către rădăcini și invers, depinde în mare măsură și de vârsta plantei. Când planta îmbătrânește, celulele rădăcinii își reduc capacitatea de absorbție a ionilor și nu mai pot învinge forța de reținere a ionilor de către complexul coloidal al solului. În ultima fază de vegetație se constată că o serie de plante elimină prin părțile aeriene și prin rădăcini unii cationi existenți în corpul lor. Astfel, se pot pierde din plantă până la 1/3 din cantitatea totală de K_2O, 1/5 din conținutul în CaO, 1/10 din conținutul în MgO etc. În plantele tinere, cu metabolism activ ridicat, schimbul de substanțe cu solul se face pe seama cationului H^+, care se formează în celule în procesul respirației. Un rol important îl are și bioxidul de carbon degajat în sol de către rădăcini, tot în procesul respirației. Împreună cu soluția solului, bioxidul de carbon dă naștere la acid carbonic care se disociază în H^+ și CO_3H^-. Ionii rezultați din disociere sunt parțial absorbiți de celulele rădăcinii și împreună cu cei de OH^-, constituie un fond de schimb permanent, pe care rădăcinile plantelor îl cedează solului primind în schimb, în raporturi echivalente, ionii care participă intens în procesele de sinteză.

Compoziția celulelor rădăcinii este deci permanent reînnoită, căci conținutul în ioni este în continuă schimbare. Plantele dicotiledonate au capacitatea totală de schimb mai mare decât cele monocotiledonate. Pătrunderea elementelor nutritive în corpul plantei este influențată și de temperatură. Astfel, la varză procesul se intensifică pe măsură ce temperatura se apropie de 20 °C.

Numeroasele observații au arătat că reacția soluției solului (pH) influențează direct absorbția elementelor nutritive de către rădăcinile plantei. Reacția acidă a solului provoacă tulburări în metabolismul substanțelor sintetizate de plantă cum ar fi: glucidele, protidele etc. Tot reacția acidă determină levigarea unor elemente minerale, fapt care determină acumularea în straturile superficiale a fierului, aluminiului și manganului până la valori care depășesc limita de toleranță a plantelor.

La pH < 5, fosforul devine neutilizabil deoarece se combină cu fierul și aluminiul. La pH peste 8,5 se blochează absorbția unor microelemente (*B*, *Zn*, *Mn*, *Cu*). Pentru fiecare specie, viața nu este posibilă decât între anumite limite ale *pH*-ului. Ionii unor elemente frânează pătrunderea în corpul plantei a altor ioni, aceștia sunt antagoniști, ocupând locul altora sau, blochează (inhibă) pătrunderea altor ioni în corpul plantei sau, formează precipitate inaccesibile pentru plante, așa cum este cazul cu *K* și *Mg*. Se remarcă și interacțiuni de sinergism, adică de stimulare între diferiți ioni, pentru a pătrunde în cantități mai mari în corpul plantei. În tabelul 3.42 se prezintă interacțiunea între câteva elemente nutritive.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.42

Interacțiunea între diferite elemente nutritive
(după *Gaucher G.*, 1968)

Elementul	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Na	Mn	Cu	Zn	Mo
N		S	S								S
P	S			B		P		B		B	
K	S			A	A	S / B	A				
Ca		B	A		A	A	A	B	B	B	
Mg		B	A	A			A				
Fe		P	S / B	A				A	A	A	
Na			A	A	A						
Mn		B		B		A				A	
Cu				B		A					A
Zn		A		B		A		A			
Mo	S								A		

A - antagonism; B - blocaj; P - precipitare; S - sinergism

3.5.4 Interdependența factorilor de vegetație

După cum s-a arătat, creşterea şi dezvoltarea plantelor depind de apă, lumină, căldură, aer şi elemente nutritive. Aceşti factori de vegetație nu acționează în mod izolat asupra plantei ci, se remarcă o strânsă legătură, o interdependență între ei. Pentru a dirija producția agricolă este necesară cunoaşterea acțiunii reciproce între factorii de vegetație.

Cercetările întreprinse până în prezent cu privire la acțiunea factorilor de vegetație şi interdependența lor permit formularea câtorva concluzii mai importante:

✓ *Nici unul din factorii de vegetație nu poate fi înlocuit prin altul.* Deşi, de exemplu, substanțele nutritive aplicate în cantitate potrivită determină planta să consume mai economic apa, totuşi, substanțele nutritive nu pot substitui apa în creşterea plantelor. Acelaşi lucru se poate spune şi despre alți factori de vegetație;

✓ *Toți factorii de vegetație au o importanță egală, indiferent de raportul cantitativ al intervenției în creşterea şi dezvoltarea plantei.* Doar în caz de restricții se poate vorbi de o ierarhizare a factorilor de vegetație. Spre exemplu, apa este cel mai important factor de vegetație în regiunile secetoase sau căldura în zonele reci;

✓ *Datorită proporției armonice între factorii de vegetație, modificarea unuia atrage după sine modificarea celorlalți.* Astfel, sporirea conținutului în apă al solului prin irigare obligă la aplicarea îngrăşămintelor în doze mai mari, etc;

✓ *Factorii de vegetație îşi pot amplifica reciproc acțiunea.* Astfel, creşterea concentrației bioxidului de carbon din aer de la 0,03 % până la 0,3 % face ca planta să utilizeze mai bine energia luminoasă şi să sintetizeze mai multă substanță organică;

Scanned with OKEN Scanner

✓ *Nivelul optim al fiecărui factor de vegetație este relativ.* Doza optimă de îngrășăminte pentru zonele bogate în precipitații se deosebește de doza potrivită pentru zonele secetoase etc;

✓ *Datorită acțiunii simultane a factorilor de vegetație, se poate spori producția agricolă dacă se acționează dintr-o dată asupra mai multor factori.* Astfel, pe terenurile irigate se obțin producții mai mari numai dacă se aplică cantități potrivite de apă la fiecare udare, doze corespunzătoare de îngrășăminte, lucrări adecvate ale solului etc.

Confruntând condițiile naturale din diferite zone geografice cu cerințele biologice ale unor specii de plante, se pot identifica zone foarte favorabile sau puțin favorabile pentru speciile respective. La stabilirea *zonelor ecologice* ale diferitelor specii de plante se ține seamă, în primul rând, de condițiile climatice (apă, căldură etc) și apoi de însușirile solului. Pentru a se obține recolte bune este important să se cultive fiecare specie în zona cu condiții favorabile acesteia. Prin lucrări hidroameliorative (irigații, desecări) se poate extinde arealul propice cultivării diferitelor specii de plante.

3.5.5 Particularitățile agriculturii ecologice

Sistemul de agricultură intensivă, denumită și industrială sau convențională, se practică pe întinse suprafețe de teren în țările din apusul Europei, SUA ș.a. și se caracterizează printr-un înalt grad de chimizare, mecanizare, irigare etc. Recoltele mari și relativ constante care se obțin asigură necesarul de hrană al populației care, sporește pe glob de la un an la altul. Acest sistem de agricultură prezintă însă și unele dezavantaje, deoarece excesul de îngrășăminte chimice și în special de pesticide a determinat, în unele zone, poluarea solului și a recoltei. Folosirea tractoarelor de mare capacitate și a utilajelor grele au dus la tasarea solului și degradarea structurii, apa de irigație aplicată necorespunzător a produs în zonele aride salinizarea secundară a solului (v. cap. II).

Încă din anul 1924, *Steiner R.*, remarcând neajunsurile agriculturii convenționale formulează principiile unei agriculturi biodinamice, care să se desfășoare cu ajutorul forțelor de natură biologică, recomandând folosirea ca fertilizanți a gunoiului de grajd, algelor marine, compostului, cenușii, îngrășămintelor verzi. Animalele din gospodărie sunt necesare nu numai pentru produsele pe care le oferă ci și pentru gunoiul de grajd pe care îl produc. Se recomandă folosirea preparatelor biodinamice pentru combaterea bolilor și dăunătorilor sau stimularea creșterii plantelor. Aceste preparate se obțin din produse naturale, cum ar fi apa de urzici pentru combaterea afidelor, maceratul de coada calului (*Equisetum arvense*) pentru combaterea ciupercilor etc. Se menționează, de asemenea, rotația potrivită a culturilor, extinderea culturii leguminoaselor, combaterea buruienilor prin prașile, plivit, alternanța culturilor, cunoașterea și respectarea mișcării corpurilor cerești care influențează viața plantelor și animalelor etc.

Scanned with OKEN Scanner

După cel de al II-lea război mondial, în Franța, *Lamaire* și *Boucher* au formulat teoria agriculturii biologice, recomandând folosirea metodelor biologice în procesul de producție agricolă (utilizarea îngrășămintelor organice, rotația culturilor, asigurarea stării de sănătate a culturilor prin metode biologice ș.a.).

În ultimele decenii ale secolului trecut a apărut în literatura de specialitate și denumirea de *agricultură durabilă* (sustainable agriculture, agriculture durable)cu înțeles de durată și autosusținere. *Vreijken P.* (1992), definește agricultura durabilă ca „managementul agroecosistemelor cu scopul aprovizionării suficiente și de durată a pieței cu hrană și alte produse naturale, bazate pe conservarea biosferei și o legislație corespunzătoare la nivel național și internațional". În general, principiile agriculturii biologice se aseamănă foarte mult cu cele ale agriculturii biodinamice și respectiv, ale agriculturii durabile și pentru că toate țin seama de necesitatea asigurării protecției mediului - și în special a solului - se mai numesc și agricultură ecologică sau organică. Reglementarea Consiliului Europei nr. 2092 din anul 1991 a echivalat termenul „agricultură biologică" - folosit în limbile spaniolă, suedeză ș.a. - cu acela de „agricultură organică", folosit în limba engleză și cu cel de „agricultură biologică", utilizat în limbile franceză și italiană. Se ia în considerație principiul formulat de *Pastel* (1991): „o economie nu poate fi progresivă dacă prosperitatea ei rezultă din consumul resurselor viitorului". La Summit-ul pentru Dezvoltare Durabilă de la Johannesburg (septembrie 2002) s-a lansat un plan care cuprinde trei componente interdependente ale dezvoltării durabile: dezvoltarea economică, dezvoltarea socială și protecția mediului.

În ultimii ani recoltele obținute prin practicarea agriculturii ecologice, numite și produse „bio", sunt solicitate tot mai mult de consumatori, deși prețul lor este ceva mai ridicat, întrucât producțiile obținute pe unitatea de suprafață sunt mai mici decât în agricultura convențională. Vânzările de produse ecologice au fost estimate în anul 2000 la circa 20 miliarde euro pe plan mondial, cei mai mari consumatori fiind americanii, japonezii și germanii. În anul 2000 existau în Uniunea Europeană circa 130 mii ferme ecologice cu o suprafață totală de 3,8 mil ha. În Italia, 1 mil ha erau cultivate în sistem ecologic, în Germania 550 mii ha etc. Cu toate că suprafața fermelor ecologice a sporit din anul 2000 în țările UE cu circa 1 mil ha/an totuși, cerința de produse ecologice este satisfăcută doar parțial. Astfel, laptele ecologic acoperă doar 25 % din cerința pieței din Danemarca, 20 % a celei din Elveția și numai 10 % din cea a Austriei. Se estimează că în anul 2010 piața produselor ecologice va atinge 20 % din piața alimentară europeană. România, care se pregătește pentru aderarea la Uniunea Europeană, urmează să își reorganizeze, în general, agricultura pe principii ecologice. Pentru aceasta, trebuie să se reducă la minimum dăunătoarele procese de:

- ✓ scădere a fertilității solului prin eroziune, acidifiere, sărăturare și epuizare a rezervelor de substanță organică;
- ✓ poluare a solului, apei și aerului și contaminare a produselor agroalimentare cu nitrați, metale grele sau alte substanțe toxice provenite de la gazele de eșapament, întreprinderi industriale, pesticide etc.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru menținerea și sporirea fertilității solului trebuie stimulată activitatea microorganismelor, florei și faunei utile. Structura culturilor, fertilizarea, rotația și densitatea lor trebuie să fie în concordanță cu condițiile pedoclimatice din zonă.

La creşterea animalelor trebuie să se respecte cerințele acestora referitoare la hrană, adăpost, mişcare, exploatare ş.a.

Produsele ecologice se pot obține în gospodării individuale, asociații familiale, ferme sau societăți agroindustriale și ocupă suprafețe de la 0,5 ha până la 30 - 40 ha. Unitățile agricole și agroindustriale ecologice trebuie să corespundă, ca amplasament și proces de producție, tuturor exigențelor privind protecția mediului. Acestea se specializează, cultivându-se de obicei 1 - 3 specii de plante sau se cresc 1 - 2 specii de animale sau prelucrează produsele respective.

De cele mai multe ori, fermele ecologice sunt mixte, de tip vegetal și animal, pentru a se valorifica mai bine producția vegetală. Excepție fac fermele producătoare de legume, fructe, precum și cele care se ocupă de prelucrarea diferitelor produse agricole. Sămânța, materialul de plantat sau animalele de prăsilă trebuie să fie certificate ecologic. Substanțele nutritive pentru plante și hrana pentru animale nu trebuie să producă contaminarea acestora sau a mediului înconjurător. Pentru a reduce pierderile produse de boli și dăunători, se cultivă soiuri și varietăți rezistente, se aplică tehnologii preventive și metode biologice și mecanice de combatere. Prelucrarea produselor agricole se face mecanic, fizic sau biologic, cu menținerea calității și integrității produsului respectiv. Ambalajul produselor ecologice nu trebuie să contamineze produsul și să fie biodegradabil iar depozitarea se face separat de alte produse.

Certificatul de fermă sau societate ecologică se eliberează de către o organizație națională sau internațională abilitată să evalueze și să garanteze că procesul de producție sau de prelucrare se desfășoară conform standardelor proprii agriculturii ecologice.

În România, suprafața de teren cultivată în condiții ecologice a sporit de la 17.000 ha în anul 2000 la 43.000 ha în anul 2002 și respectiv, la 57.000 ha în anul 2003. Pentru anul 2004, se estimează că se va ajunge la circa 75.000 ha. Numărul animalelor crescute în condiții ecologice se așteaptă să crească în anul 2004 cu 10.000 capete la vacile pentru lapte, 70.000 la oi, 6.000 la găinile ouătoare etc. Pentru a stimula extinderea agriculturii ecologice Ministerul Agriculturii, Pădurilor și Dezvoltării Rurale acordă, în anul 2004, subvenții de 7.000 lei/kg de tineret bovin cu greutatea minimă de 400 kg, 10.000 lei/kg la porcii cu greutatea de 90 - 110 kg livrați abatoarelor etc.

3.5.5.1 Zonele agricole din România. România este situată între paralelele de 43° 38' și 48° 16' latitudine nordică și meridianele de 20° 16' și 29° 46', fiindu-i caracteristice un climat continental și un relief variat, format din câmpii pe circa 7.350 mii ha (31 % din suprafața țării), dealuri și podișuri pe aproximativ 11.417 mii ha (48 % din suprafața totală) și munți pe circa 5.000 mii ha (21 % din suprafața fondului funciar). După altitudine, se disting principial regiunile de câmpie și de deal (tab. 3.43 și 3.44).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.43

Principalele caracteristici ale zonei de câmpie* din România

Zona	Precipitații anuale (mm)	Umiditatea relativă a aerului (%)	Soluri	Plante cultivate
Estul Câmpiei Române și Dobrogea**	380 - 450	30 - 60	Bălane, cernoziomuri, cernoziomuri cambice, brune eumezobazice	Pronunțat caracter cerealier
Silvostepa din Oltenia și Muntenia	500 - 560	55 - 65	Cernoziomuri cambice, cernoziomuri argilo-iluviale, brune roșcate, psamosoluri	Cereale, plante oleaginoase; în lungul Dunării - zonă favorabilă pentru orez și bumbac
Câmpia de Vest	500 - 700	55 - 70	Cernoziomuri, cernoziomuri cambice, lăcoviști, brune luvice	Cereale, oleaginoase, sfeclă de zahăr; în sudul zonei, orez

Notă: *În această regiune suma de grade este de circa 3.000 - 3.600 °C, cu veri calde (temperatura medie a lunii iulie 21 - 23 °C);
**S-au redat agriculturii terenuri în Lunca inundabilă a Dunării și în Deltă.

Tabelul 3.44

Principalele caracteristici ale zonei colinare din România

Zona	Precipitații anuale (mm)	Umiditatea relativă a aerului (%)	Soluri	Plante cultivate
Silvostepa Transilvaniei (între Someșul Mic -vest, Someșul Mare -nord, Mureș - sud)	circa 600 (500 - 700)	57 - 63	Cernoziomuri cambice, brune argiloiluviale, brune luvice	Cereale, sfecla pentru zahăr, tutunul, cartoful (spre periferia zonei)
Silvostepa Moldovei (Podișul Bârladului și Jijiei, la nord până la Dorohoi)	400 - 500	55 - 79	Soluri cenușii, cernoziomuri cambice, brune argiloiluviale	Cereale (mai puțin orzul de toamnă), floarea-soarelui, in pentru ulei
De pădure subcarpatică (dealurile Olteniei și Munteniei)	550 - 800 (Oltenia) 600 - 900 (Muntenia)	62 - 70	Brune argiloiluviale, brune luvice	Zonă pomi-viticolă, cereale, cartof, tutun oriental și semi-oriental, sfecla pentru zahăr, in de fuior
De pădure din Transilvania (inel deluros, care are în interior silvostepa Transilvaniei, iar la periferie zona montană)	600 - 800	66 - 77	Cernoziomuri cambice, brune argiloiluviale și brune luvice luvisoluri albice	Cereale de toamnă și de primăvară (orzoaica pentru bere), cartof, sfecla pentru zahăr, in de fuior, trifoi

Scanned with OKEN Scanner

Luându-se în considerație fertilitatea solului, relieful, solul și clima au fost delimitate 10 zone agricole (*Sin Gh.* și colab., 2000):

1. *Zona de sud* - Câmpia Română, Podișul Dobrogei, lunca și Delta Dunării - cuprinde 3.592.800 ha și se aracterizează printr-un relief cvasiorizontal, soluri cernoziomice (82 %), aluviale (10 %), bălane, lăcovişti ș.a. Clima este de tip continental, temperaturile depășesc 35 °C, resursele termice se încadrează în limitele 3.800 - 4.200 °C iar cele hidrice variază între 550 - 600 mm în Câmpia Română, 350 - 400 mm în Dobrogea, 450 - 500 mm în lunca și Delta Dunării și 550 - 650 mm în Platforma Cotmeana.
2. *Nisipurile irigate din Oltenia* au un conținut redus în humus și primesc cantități medii de precipitații de 500 - 550 mm în timp ce regimul termic variază între 3.800 - 4.200 °C.
3. *Zona de sud neirigată* include o suprafață agricolă de 1.295.200 ha cultivată cu plante de câmp în proporție de 71 %. Suma gradelor de temperatură este de 3.800 - 4.200 °C, precipitațiile se cifrează la 450 - 600 mm iar solurile dominante sunt cernoziomurile cambice, solurile brun roșcate și cele bălane.
4. *Câmpia de Vest* se întinde pe o suprafață de 1.113.200 ha, utilizate majoritar ca teren arabil (82,9 %). Învelișul de soluri este reprezentat de cernoziomuri (55 %), lăcovişti (25 %), soluri aluviale (10 %) ș.a. Potențialul termic este de 3.800 - 4.200 °C, precipitațiile atmosferice se înscriu în limitele de 550 - 650 mm iar principalii factori limitativi ai producției agricole sunt procesele de sărăturare și excesul de umiditate.
5. *Moldova și Transilvania Colinară* - cuprinzând Câmpia Jijiei, Podișul Bârladului și Câmpia Transilvaniei - au suprafața agricolă de 1.420.200 ha, din care 74,2 % teren arabil situat pe pante de 3 - 10 %. Predomină cernoziomul cambic cu textură luto-argiloasă și valori pH de 5,8 - 6,8. Precipitațiile înregistrează un regim variabil, oscilând cantitativ între 450 - 500 mm în Câmpia Jijiei și Podișul Bârladului și 550 - 600 mm în Câmpia Transilvaniei. Resursele termice se cuprind în limitele de 3.200 - 3.400 °C în zona de câmpie și respectiv, 3.400 - 3.500 °C în zona de podiș.
6. *Piemontul Getic* (967.900 ha) primește cantități de precipitații de 600 - 700 mm și beneficiază de un regim termic caracterizat prin suma gradelor de temperatură de 3.600 - 3.800 °C în sud și 3.400 - 3.500 °C în nord. Solurile dominante sunt cele brune luvice.
7. *Piemonturile estice și vestice* includ Piemontul Someșan, Podișul Transilvaniei, Podișul Moldovei și Subcarpații Orientali. Din suprafața agricolă de 3.002.000 ha mai mult de 62 % este folosită ca teren arabil. Dominante sunt solurile brune luvice și regosolurile, afectate de procese de pantă, exprimate îndeosebi prin procese de eroziune și alunecări de teren. Regimul termic și pluviometric înregistrează valori de 2.800 - 3.600 °C și 600 - 800 mm în Piemontul vestic, 2.400 - 2.800 °C și 650 - 800 mm în Podișul Someșan, 2.800 - 3.200 °C și 600 - 800 mm în Podișul Transilvaniei și respectiv, 2.600 - 3.400 °C și 600 - 700 mm în Podișul Moldovei și Subcarpații Orientali.

Scanned with OKEN Scanner

8. *Dealurile de curbură* cu Piemontul Râmnicului şi Subcarpaţii de curbură cuprind o suprafaţă de 207.000 ha, din care 29 % este folosită ca arabil. Cantitatea de precipitaţii variază între 600 - 700 mm iar temperatura între 9 - 11 °C.
9. *Depresiunile montane* însumează circa 440.000 ha pe care se regăsesc soluri brune luvice în proporţie de 35 %. Temperatura medie anuală se înscrie între valorile de 5,0 şi 8,5 °C iar precipitaţiile atmosferice oscilează între 550 şi 650 mm.
10. *Zona montană* cuprinde aproximativ 5.923.200 ha, din care terenul agricol reprezintă 33 %. În structura categoriilor de folosinţă dominante sunt păşunile şi fâneţele.

Bibliografie

1. Băjescu Irina şi colab., 1984 - *Distribuirea microelementelor însolurile din România - implicaţii în agricultură*, Editura Ceres, Bucureşti.
2. Berbecel O. şi colab., 1970 - *Agrometeorologia*, Editura Bucureşti.
3. Bîlteanu Gh., 1996 - *Hibrizii de porumb*, Cereale şi plante tehnice, nr. 1, Bucureşti.
4. Boguslawski E. et al., 1981 - *Ackerbau - Gerundlagen der Pflanzen production*, DIG Verlag, Frankfurt am Main.
5. Bonciarelli F. et al., 1998 - *Agronomia*, Edagricole, Bolognia.
6. Bordeianu T., 1963 - *Metode noi în pomicultură*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
7. Botzan M., 1966 - *Culturi irigate*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
8. Budoi Gh. şi colab., Agrotehnica, Editura Ceres, Bucureşti.
9. Caramete C. şi colab., 1973 - *Nutriţia plantelor şi aplicarea îngrăşămintelor*, Editura Ceres, Bucureşti.
10. Chirilei M. şi colab., 1970 - *Fiziologia plantelor şi microbiologie*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
11. Chiriţă C. D., 1974 - *Ecopoedologia cu bazele de pedologie generală*, Editura Ceres, Bucureşti.
12. Davidescu Velicica, Davidescu D., 1999 - *Compendium agrochimic*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
13. Davidescu D. şi colab., 1981 - *Agrochimia modernă*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
14. Eliade Gh. şi colab., 1975 - *Microbiologia solului*, Editura Ceres, Bucureşti.
15. Eliade Gh. şi colab., 1973 - *Bazele biologice ale fertilităţii solului*, Editura Ceres, Bucureşti.
16. Guş P. şi colab., 1998 - *Agrotehnica*, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.
17. Gardner W. R., 1955 - *Relation of temperature to moisture tension of soil*, Soil science, 79, Baltimore.
18. Grumeza N. şi colab., 1979 - *Avertizarea udărilor în marile sisteme de irigaţii*, Cereale şi plante tehnice, nr. 5, Bucureşti.
19. Hillel D, 1973 - *Soil and water. Physical principles and processes*, Academic Press, New York and London.
20. Henin D., 1973 - *Physique du sol*, Ostom, Paris.
21. Ionescu Siseşti Gh., Staicu I., 1958 - *Agrotehnica*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
22. Jamel A. M., 1981 - *Cercetări privind îmbunătăţirea solurilor sărăturate*, Teză de doctorat, Institutul Agronomic „Nicolae Bălcescu", Bucureşti.
23. Kijne J. W., 1974 - *Water requirements of crops*, Wageningen, Netherland.

Scanned with OKEN Scanner

24. Laguaringue J., 1963 - *Les bases scientifiques de l'agriculture et leurs conséquences immédiates*, Donald, Paris.
25. Limori A. O., 1983 - *Spravocinik po orosemomu izemledeliu stepi Ukraini*, Minsk.
26. Lăcătuşu R., Borlan Z., 1978 - *Despre cauzele unor dereglări în nutriţia minerală a flşorii soarelui pe soluri zonale din sudul ţării*, Ştiinţa solului, nr. 2 - 3, Bucureşti.
27. Mocanu R. şi colab., 1997 - *Agrochimie*, Editura Sitech, Craiova.
28. Normand M., 1970 - *La mesure de l'humidité du sol application aux problèmes d'hydraulique agricole*, Bulletin technique de génie rural, nr. 103, Paris.
29. Niciporovici A. A., 1961 - *Contribuţii la problema produşilor fotosintezei. Probleme actuale ale fotosintezei şi productivităţii plantelor*, ISRS, Bucureşti.
30. Popescu Ch. şi colab., 1971 - *Efectul îngrăşămintelor şi irigării asupra plantelor desfrunzite*, Cercetări agronomice în Moldova, sept., Iaşi.
31. Popescu Ch. şi colab., 1970 - *Distribuirea fosforului în diferite organe ale plantelor*, Buletinul Institutului Politehnic, secţia II, Chimie, tom XVI, fasc. 1-2, Iaşi.
32. Popescu Ionela şi colab., 1964 - *Repartiţia manganului, molibdenului şi cuprului în diferite organe ale câtorva plante*, Lucr. şt., Institutul Agronomic, Iaşi.
33. Popescu Ch., 1976 - *Agrofitotehnia terenurilor ameliorate*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
34. Parcevaux S., 1964 - *Transpiration végétale et production de matière sèche*, L'eau et la production végétale, Paris.
35. Perigaud S., 1967 - *Effet du manque d'oxygène et de l'excès d'eau au niveau des racines sur la croissance et la nutrition globale de la plante*, Annales agronomique, vol. V, Paris.
36. Popescu I. C., 1978 - *Consumul de apă şi prognoza udărilor în irigarea culturilor*, Editura Scrisul românesc, Craiova.
37. Pleşa I., Florescu Gh., 1968 - *Irigarea culturilor*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
38. Petrovici P., Pleşa D., 1968 - *Efectul îngrăşămintelor naturale şi chimice la porumb în experienţe staţionare pe teren erodat*, Probleme agricole, nr. 3, Bucureşti.
39. Popescu Ch. şi colab., 1983 - *Agrofitotehnia*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
40. Pintea C. şi colab., 1966 - *Contribuţii la studiul efectului microelementelor combinate la porumb, floarea soarelui şi sfecla de zahăr*, Lucr. şt., Institutul Agronomic, Iaşi.
41. Rijtema D. E., 1965 - *Analysis of actual evapotranspiration*, Center for agricultural Publication and Documentation, Wageningen, Netherlands.
42. Rusu M. şi colab., 1972 - *Efectul unor microelemente (Mo, Zn, Cu, B) la soia*, Probleme agricole, nr. 11, Bucureşti.
43. Rinkis G. I., 1972 - Optimizaţia mineralnogo pitania rastenii, Izd. Znanie, Riga.
44. Staicu I., 1969 - *Agrotehnica*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
45. Schofield R. K., 1935 - *The pF of water in soil*, 3rd Int. Congr. of Soil Sci., vol. 2, Oxford.
46. Sălăgeanu N. şi colab., 1981 - *Fiziologia*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
47. Sin Gh. şi colab., 2000 - *Tehnologii moderne pentru cultura plantelor de câmp*, Editura Ceres, Bucureşti.
48. Stoenescu M. şi colab., 1962 - *Clima Republicii Populare Române*, Institutul Meteorologic, Bucureşti.
49. Tufescu V., Tufescu M., 1981 - *Ecologia şi activitatea umană*, Editura Albatros, Bucureşti.
50. Teaci D. şi colab., 1985 - *Influenţa condiţiilor de mediu asupra creşterii pomilor în România*, Editura Ceres, Bucureşti.
51. Tombesi L., 1968 - *L'evapotranspirazione in atmosfera controlata ed all'aperta*, L'Italia agricola, nr. 4, Roma.
52. Tombesi L., 1966 - *Elementi di scienza del suolo*, Edagricole, Bologna.

Scanned with OKEN Scanner

„Pământul nostru a rămas ca un schelet al unui corp descărnat de boală. Părţile grase şi moi s-au pierdut şi nu a rămas decât scheletul dezgolit al terenului."
Platon (427 - 347 î. C.)

IV. EROZIUNEA SOLULUI, ALUNECĂRILE DE TEREN ŞI VALORIFICAREA VERSANTELOR

La interferenţa litosferei cu atmosfera, hidrosfera şi biosfera se produc procese morfogenetice care determină modelarea scoarţei terestre. Eroziunea este procesul de desprindere de la suprafaţa terenului a particulelor de sol sau rocă, de transport şi depunere a acestora la o distanţă oarecare faţă de locul de origine. Acest proces natural se produce, în special, sub influenţa a doi factori: apa şi aerul în mişcare. Diversele lucrări aplicate solului şi alte acţiuni, conferă şi omului calitatea de factor al eroziunii dar, spre deosebire de ceilalţi agenţi, activitatea omului poate fi controlată şi dirijată.

4.1 Mecanismul procesului de eroziune a solului

Eroziunea solului cuprinde trei faze: desprinderea (dislocarea) particulelor de sol sau rocă, transportul acestora şi depunerea (selectivă) a materialului. Energia necesară desprinderii şi transportului particulelor de sol (rocă) provine de la picăturile de ploaie care lovesc suprafaţa terenului sau de la apa care se scurge sub formă de curenţi dispersaţi sau concentraţi pe terenurile înclinate în timpul ploilor şi al topirii zăpezii. La începutul procesului de eroziune este mai intensă eroziunea prin acţiunea picăturilor iar mai târziu - când solul se acoperă cu un strat subţire, amortizor de apă - eroziunea prin scurgere devine preponderentă.

4.1.1 Eroziunea prin picături

Fig. 4.1 Impactul picăturilor de ploaie cu suprafaţa solului

La impactul picăturilor de ploaie cu suprafaţa terenului se produc: sfărâmarea, împrăştierea şi amestecarea agregatelor de sol şi a particulelor elementare care, pot fi aruncate la 1,0 - 1,5 m distanţă şi 60 - 80 cm înălţime (fig. 4.1). Pe un teren cu panta de 10 %, neacoperit cu vegetaţie, se deplasează în aval de trei ori mai multe particule decât în amonte (fig. 4.2). Mărimea picăturilor de ploaie creşte odată cu intensitatea ploii (tab. 4.1) iar viteza de cădere se accentuează direct proporţional cu diametrul picăturilor (tab. 4.2).

Scanned with OKEN Scanner

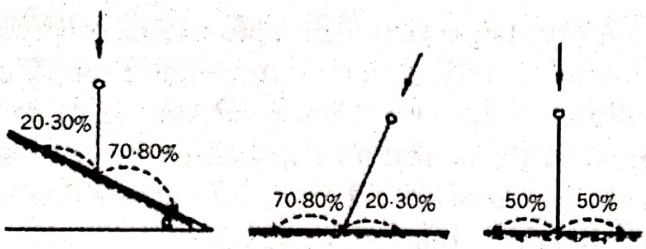


Fig. 4.2 Transportul agregatelor de sol prin impact în diferite condiţii de pantă a terenului şi unghi de cădere a picăturilor de ploaie

Tabelul 4. 1

Diametrul mediu al picăturilor în funcţie de intensitatea ploii (după *Moţoc M.*, 1963)

Intensitatea ploii (mm/oră)	Diametrul mediu al picăturii (mm)
1,3	1,00 - 1,25
2,5	1,25 - 1,50
12,7	1,75 - 2,00
25,4	2,00 - 2,25
50,8	2,25 - 2,50
101,6	2,75 - 3,00
152,4	3,00 - 3,25

Picăturile desprind cel mai uşor particulele de nisip fin iar agregatele structurale hidrostabile şi particulele argiloase sunt desprinse mai greu din cauza coeziunii mai mari iar grăunţii de nisip grosier sunt împroşcaţi mai greu datorită greutăţii lor mai mari. Pe solurile argiloase cu coeziune ridicată în urma umezirii rapide a agregatelor de structură se produc mici explozii care desfac agregatele şi blochează aerul în spaţiul lacunar al stratului superficial împiedicând pătrunderea apei în sol chiar dacă umiditatea momentană a acestuia este redusă. Picăturile de ploaie produc şi îndesarea solului şi prin aceasta se micşorează permeabilitatea. Învelişul vegetal diminuează efectul de dispersie a agregatelor structurale şi de îndesare a solului.

Tabelul 4.2

Vitezele limită de cădere a picăturilor de ploaie în atmosfera calmă (după *Gunn, Kneizer, Laws)*

Diametrul picăturii (mm)	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Vite/a limită (m/s)	2,1	4,0	6,6	8,1	8,8	9,1	9,2

4.1.2 Eroziunea prin scurgere

Pe terenurile înclinate, apa care nu se infiltrează în sol se scurge parţial la suprafaţa terenului, din momentul în care intensitatea ploii depăşeşte viteza de infiltraţie şi capacitatea de reţinere a apei de către microdepresiunile de pe suprafaţa terenului. Observaţiile efectuate pe parcele de scurgere din diferite zone au arătat că scurgerea se produce, de regulă, la ploi mai mari de 10 mm în cazul plantelor de cultură prăsitoare şi de 15 - 20 mm când suprafaţa este ocupată cu cereale păioase sau cu ierburi.

Dacă terenul este acoperit cu vegetaţie, picăturile de ploaie sunt interceptate înainte de a atinge solul de părţile aeriene ale plantelor. De pe plante, apa sub formă de picături cade pe suprafaţa terenului, fiind absorbită de sol. Dacă

Scanned with OKEN Scanner

intensitatea ploii depăşeşte viteza de infiltraţie, o parte din apă, având o oarecare turbiditate, rămâne la suprafaţa terenului, umplând microdepresiunile, după care amestecul de apă şi particulele solide, începe joncţiunea acestui amestec pe anumite porţiuni mai joase iar surplusul care depăşeşte capacitatea de reţinere a microdepresiunilor se scurge pe traseele depresionare sub formă de şiroaie din ce în ce mai mari sau în pânză continuă, rezultată prin unirea şiroaielor.

Cea mai mare parte dintre particule (circa 90 %) sunt transportate în suspensie, altele prin târâre datorită curenţilor orizontali ai masei pseudovâscoase iar altele sunt deplasate în salturi de către curenţii turbionari. Când concentraţia particulelor de sol depăşeşte limita de saturare, corespunzătoare capacităţii de transport, determină descărcarea selectivă a scurgerii de materialul solid antrenat - în măsura diminuării energiei cinetice a curentului (micşorarea debitului, reducerea pantei, obstacole etc).

Tabelul 4.3

Energia cinetică a picăturilor de în raport cu diametrul şi viteza de cădere (după *Moţoc M.*, 1963)

Diametrul picăturii (mm)	Greutatea picăturii (g)	Viteza picăturii (cm/s)	Energia cinetică ($g/cm^2 \cdot s$)	Diametrul picăturii (mm)	Greutatea picăturii (g)	Viteza picăturii (cm/s)	Energia cinetică ($g/cm^2 \cdot s$)
0,5	0,0000654	200	0,0013	2	0,00419	600	0,77
1,0	0,000524	400	0,0427	3	0,01413	700	3,53
1,5	0,001768	500	0,2250	5	0,06542	700	16,34

Tabelul 4.4

Zonarea coeficientului (*K*) de agresivitate climatică

Nr. crt.	Denumirea zonei fizico-geografice	Coeficientul *K*
1	Dobrogea	0,094
2	Podişul Central Moldovenesc	0,100
3	Câmpia Munteniei	0,127
4	Sudul Moldovei şi dealurile subcarpatice	0,144
5	Transilvania	0,127
6	Bazinul mijlociu al Mureşului	0,094
7	Câmpia şi dealurile din Vest	0,067
8	Carpaţii Orientali	0,167
9	Carpaţii Meridionali	0,207
10	Munţii Apuseni	0,132

Energia cinetică totală a unei ploi cuprinde energia cinetică a picăturilor (tab. 4.3) şi pe aceea a apei de scurgere la suprafaţă iar produsul între energia cinetică totală şi intensitatea medie maximă, pe durata de 30 minute, a ploii defineşte un indicator care permite aprecierea agresivităţii pluviale. La noi în ţară,

Scanned with OKEN Scanner

coeficientul de agresivitate, care se utilizează la estimarea pierderilor de sol prin eroziune, are valori cuprinse între 0,067 şi 0,207 (tab. 4.4). Curenţii de apă dispersaţi pe suprafaţa versantului antrenează, transportă şi depun particulele solide la distanţe diferite. Capacitatea de transport a acestor curenţi depinde şi de sistemul de cultură a plantelor pe versante, a cărui influenţă este exprimată prin coeficienţi (C_s) cu valori cuprinse între 0,05 şi 1,0 (tab. 4.5).

Tabelul 4.5

Valoarea factorului de corecţie (C_s) în funcţie de măsurile şi lucrările antierozionale, diferenţiate pe grupe de pantă (după *Mureşan D.* şi colab., 1992)

Nr. crt.	Sistemul de cultivare	Panta versantului (%)					
		0÷5	6÷10	11÷15	16÷20	21÷25	> 25
		C_s					
1	Culturi anuale din deal în vale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Culturi anuale pe curba de nivel	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85
3	Culturi în fâşii	-	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
4	Culturi cu benzi înierbate	-	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
5	Culturi cu canale şi/sau valuri	-	-	0,18	0,21	0,24	0,25
6	Culturi cu terase - banchetă	-	-	0,15	0,18	0,21	0,25
7	Culturi cu terase - trepte	-	-	0,05	0,08	0,10	0,15

Unele *însuşiri ale solului* influenţează, de asemenea, procesul de eroziune. Astfel, permeabilitatea solului joacă un rol foarte important, căci cu cât se infiltrează mai multă apă în sol, cu atât se scurge mai puţină la suprafaţa terenului şi se reduce eroziunea.

Tabelul 4.6

Valoarea coeficientului de erodabilitate (*S*) (după *Moţoc M.*, 1975)

Clasa	Caracterizarea solurilor	S
1	Soluri foarte puternic sau excesiv erodate, cu coeziune foarte mică, fără structură	1,2
2	Soluri puternic sau foarte puternic erodate, cu coeziune mică, slab structurate	1,0
3	Soluri puternic sau foarte puternic erodate, cu coeziune mijlocie sau slab şi moderat erodate, cu coeziune mică	0,9
4	Soluri puternic sau foarte puternic erodate, cu coeziune mare, bine structurate, profil puternic dezvoltat	0,8
5	Soluri slab sau moderat erodate, cu coeziune mijlocie, profil puternic dezvoltat, roca mamă friabilă	0,7
6	Soluri slab sau moderat erodate, cu coeziune mare, structură foarte bună, profil puternic dezvoltat, roca mamă friabilă	0,6

Moţoc M. (1975), grupează solurile din ţara noastră în şase clase după rezistenţa acestora la eroziune, stabilind şi coeficienţii de erodabilitate (*S*), cu valori cuprinse între 0,6 şi 1,2 (tab. 4.6).

Scanned with OKEN Scanner

Covorul vegetal contribuie în mare măsură la frânarea eroziunii solului, datorită cantităților de apă reținute pe aparatul foliar, interceptării picăturilor de ploaie și reducerii forței cu care acestea lovesc solul, diminuării vitezei de scurgere a apei ca efect al rugozității determinate de tulpinile plantelor, fixării particulelor de sol prin intermediul sistemului radicular etc. Coeficientul care exprimă influența vegetației asupra mărimii pierderilor de apă și sol prin eroziune are valori cuprinse între 0,001 și 1 (tab. 4.7).

Tabelul 4.7

Valorile factorului (C) privind influența vegetației asupra eroziunii (după *Dîrja M.*, 2000)

Nr. crt.	Natura vegetației (cultura)	*C*
1	Porumb în monocultură	1,0
2	Porumb în rotație	0,8
3	Cartof și sfeclă	0,6
4	Mazăre și fasole	0,3
5	Cereale păioase de primăvară	0,2
6	Cereale păioase de toamnă	0,14
7	Ierburi perene anul I de vegetație	0,06
8	Ierburi perene după anul I de vegetație	0,014
9	Pășuni bine încheiate	0,001
10	Pășuni slab degradate	0,2
11	Pășuni moderat degradate	0,8
12	Pășuni puternic degradate	1,2
13	Terenuri neproductive fără vegetație	0,7
14	Plantații de viță de vie	0,5*
15	Plantații pomicole încheiate	0,005**
16	Pădure	0,001

* - în plantații sub 3 ani, C = 0,8
** - în plantații sub 4 ani, C = 0,8

Ecuația care permite estimarea pierderilor de sol prin eroziune în condițiile pedoclimatice din România, adaptată de *Moțoc M.* (1975) după *Wischmeyer* (1960), se prezintă astfel:

$$E = K \cdot S \cdot C \cdot C_s \cdot L^{0,3} (1,36 + 0,97 \cdot i + 0,138 \cdot i^2) \qquad (4.1)$$

în care:

- E - eroziunea medie anuală, în t/ha·an;
- K - coeficientul de agresivitate pluvială (tab. 4.4);
- S - coeficientul pentru erodabilitatea solului (tab. 4.6);
- C - coeficientul de influență a vegetației (tab. 4.7);
- C_s - coeficientul de influență a sistemului de cultivare folosit (tab. 4.5);
- L - lungimea versantului, în m;
- i - panta medie a versantului, în %.

Scanned with OKEN Scanner

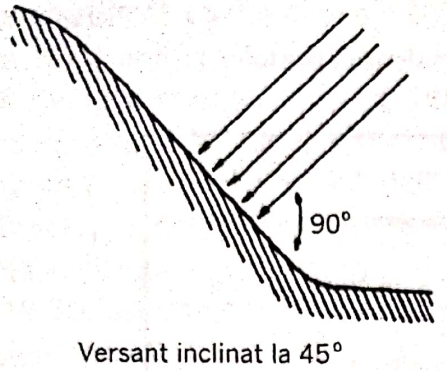


Fig. 4.3 Modificarea unghiului de incidență a razelor solare, în funcție de înclinarea versantului, în condițiile din România (după *Voiculescu N.*, 1999)

Valorile factorilor din relația anterioară au fost stabilite de specialiștii Laboratorului de conservare a solului din cadrul *I.S.P.I.F.*, având aplicabilitate pentru majoritatea condițiilor întâlnite în țara noastră.

4.2 Factorii determinanți și favorizanți ai eroziunii solului

Eroziunea solului este determinată de o serie de factori cum ar fi: relieful, precipitațiile, roca de solificare, solul, vegetația și omul.

4.2.1 Relieful

Configurația terenului condiționează în mare măsură scurgerea de suprafață și infiltrarea apei în sol, declanșând și întreținând eroziunea.

Înclinarea versantului (*panta*) sau unghiul sub care linia terenului se găsește față de orizontala locului, se exprimă în grade sau procente și condiționează viteza de scurgere, deci capacitatea de eroziune. Se estimează că pe glob, 40 % din precipitații se scurg la suprafața solului. Pe un teren cultivat cu porumb, creșterea pantei de la 6 % la 18 % a determinat majorarea cantității de sol erodat de 5,7 ori (*Savu P.*, *Bucur D.*, 2002). *Moțoc M.* și colab. (1975) clasifică terenurile după valoarea pantei în 5 grupe (tab. 4.8).

Aproape 40 % din suprafața fondului funciar agricol al țării noastre este situat pe terenuri cu panta mai mare de 5 %, fiind afectat, mai mult sau mai puțin, de eroziune iar 15,5 % cuprinde terenuri a căror pantă depășește 20 % și sunt foarte expuse eroziunii (tab. 4.9). În funcție de gradul de înclinare a versantului se modifică și unghiul de incidență a razelor solare (fig. 4.3).

În general, cu cât panta terenului este mai mare, eroziunea se intensifică, fertilitatea solului scade și producția se reduce.

Forma versantului poate fi dreaptă, în trepte, convexă sau concavă (fig. 4.4). În primul caz eroziunea se amplifică din amonte spre aval, pe măsură ce se acumulează mai multă apă și sol erodat. Versantele în trepte sunt mai puțin erodate dacă distanța între trepte nu este prea mare. În situația profilului convex, panta este mai mare la baza versantului și acolo eroziunea se intensifică iar la profilul concav la partea superioară a versantului.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.8

Clasificarea terenurilor în funcție de valoarea pantei
(după *Moțoc M.* și colab., 1975)

Grupa		Clasa		Denumirea terenului
Simbol	Panta (%)	Simbol	Panta (%)	
I	0 - 5	A	0 - 2	Practic orizontal
		B	2 - 5	Extrem de slab înclinat
II	5 - 12	C	5 - 8	Foarte slab înclinat
		D	8 - 12	Slab înclinat
III	12 - 25	E	12 - 18	Mijlociu înclinat
		F	18 - 25	Puternic înclinat
IV	25 - 50	G	25 - 35	Foarte puternic înclinat
		H	35 - 50	Extrem de puternic înclinat
V	> 50	I	50 - 70	Abrupt
		J	70 - 100	Foarte abrupt
		L	> 100	Extrem de abrupt

Tabelul 4.9

Repartiția terenurilor agricole din România pe folosințe și grupe de pantă
(după *I.G.F.C.O.T.*, 1983)

Folosința terenului		Grupa de pantă (%)							Total
		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-35	>35	
Arabil	mii ha	7262,5	984,0	662,2	555,3	231,7	114,5	23,3	9833,5
	%	73,9	10,0	6,7	5,6	2,4	1,2	0,2	100,0
Pajiști naturale	mii ha	1106,9	332,2	490,3	722,8	762,8	731,2	321,2	4467,3
	%	24,8	7,4	11,0	16,2	17,1	16,3	7,2	100,0
Vii	mii ha	137,0	40,5	42,4	44,9	23,8	14,5	2,9	306,0
	%	44,8	13,2	13,9	14,7	7,8	4,7	0,9	100,0
Livezi	mii ha	89,5	38,3	58,6	82,2	54,8	27,2	6,0	356,6
	%	25,1	10,7	16,4	23,1	15,4	7,6	1,7	100,0
Total	mii ha	8595,9	1395,0	1253,5	1405,2	1073,1	887,4	353,3	14963,4
	%	57,4	9,3	8,4	9,4	7,2	5,9	2,4	100,0

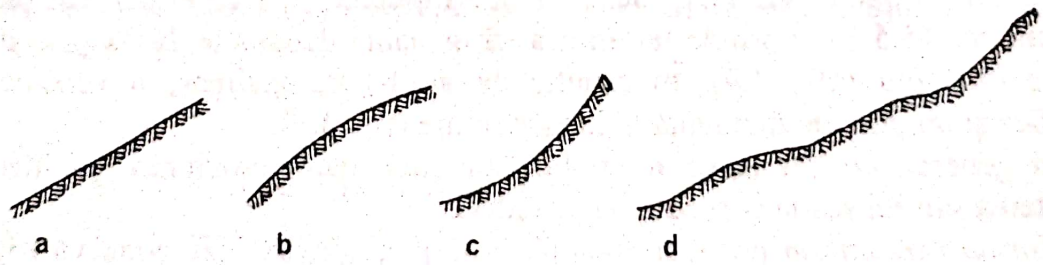


Fig. 4.4 Profiluri ale formelor de relief
a - drept; b - convex; c - concav; d - complex

Lungimea versantului, cuprinsă între cumpăna apelor și baza acestuia, influențează cantitatea de apă ce se scurge pe versant și eroziunea crește direct

Scanned with OKEN Scanner

proporţional cu lungimea lui. Aceasta se datorează acumulării unor cantităţi mai mari de apă şi creşterii vitezei de scurgere sub acţiunea gravitaţiei. Se consideră versante scurte, cele care au, în medie, până la 200 m, de lungime medie 200 - 400 m, de lungime mare 400 - 600 m, de lungime foarte mare 600 - 800 m şi de lungime extrem de mare peste 800 m. Pierderile de sol datorită eroziunii cresc direct proporţional cu înclinarea şi lungimea versantului. Determinări efectuate într-o plantaţie viticolă la Valea Călugărească, citate de *Dumitrescu N.* şi *Popa A.* (1979), au arătat că la o pantă de 5 - 10 %, pe un versant cu lungimea de 50 m, pierderile de sol au fost de 21,7 t/ha iar la panta de 15 - 25 % şi lungimea de 100 m s-au pierdut 140,7 t/ha (tab. 4.10).

Tabelul 4.10

Pierderile de sol (t/ha) în funcţie de panta şi lungimea versantului în plantaţii fără măsuri de conservare a solului

Panta (%)	Lungimea versantului (m)						
	20	30	50	100	150	200	300
5 - 10	5,5	10,1	21,7	61,6	113,1	174,2	320,1
10 - 15	7,7	14,1	30,3	85,7	157,5	242,7	445,6
15 - 25	12,6	23,1	49,7	140,7	258,5	398,1	731,2
25 - 35	23,1	42,5	91,5	258,8	475,4	731,9	1344,8

Suprafaţa versantului trebuie luată în consideraţie la stabilirea măsurilor antierozionale întrucât de pe aceasta se colectează scurgerile. Suprafaţa versantului se măsoară pe hartă prin planimetrare şi se exprimă în ha sau km^2. După *Popa A.* şi colab. (1984), forma suprafeţei de recepţie a unui bazin hidrografic, element important pentru determinarea debitelor şi a volumelor de scurgere, se poate aprecia cu ajutorul coeficientului de compactitate *Gravelius* (k_c):

$$k_c = 0{,}28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \qquad (4.2)$$

în care:

P - perimetrul bazinului hidrografic (km);

A - perimetrul cercului cu aria egală cu cea a bazinului hidrografic (km).

Tabelul 4.11

Influenţa expoziţiei versantului asupra regimului caloric (cal/g·cm^2) (după *Iancu M.*, 1967)

Teren plan	Versant (30 %)			
	S	E	V	N
144	185	132	130	72
100 %	115 %	91 %	90 %	50 %

Expoziţia versantului trebuie luată în consideraţie la stabilirea modului de folosinţă a terenului pentru că versantele cu expoziţie sudică beneficiază de mai multă căldură şi lumină faţă de cei nordici şi zăpada se topeşte mai repede primăvara şi poate produce eroziune. În condiţiile climatice din ţara noastră, căldura înregistrată pe versantul sudic este cu 65 % mai mare faţă de versantul nordic (tab. 4.11). Intensitatea luminii pe versantele sudice depăşeşte cu 212 % pe aceea

Scanned with OKEN Scanner

de pe versantele nordice în perioadele cu cer senin şi cu 170 % când cerul este acoperit (tab. 3.3). În sezonul cald, pe versantele sudice se evaporă mai multă apă din sol şi plantele pot suferi de secetă, nu protejează bine solul şi eroziunea se poate intensifica mai mult decât pe versantele cu expoziţie nordică. *Băloi V.* şi colab. (1986) estimează că versantele sudice şi vestice sunt cu 30 - 40 % mai erodate decât cele cu expoziţie nordică.

4.2.2 Precipitaţiile atmosferice

Precipitaţiile au un rol determinant în ceea ce priveşte eroziunea terenurilor în pantă, în special cele lichide dar şi sub formă de zăpadă. *Ellison W. D.*, citat de *Moţoc M.* şi colab. (1975), arată că picăturile de ploaie lovesc şi dislocă particulele de la suprafaţa solului cu o energie cinetică de circa 1000 de ori mai mare decât aceeaşi cantitate de apă care se scurge la suprafaţă. Interesează cantitatea de precipitaţii, repartiţia şi intensitatea lor. Se calculează, în mod obişnuit, suma anuală a precipitaţiilor din diferite zone climatice şi pentru o apreciere mai corectă se ţine seama de media multianuală. La noi în ţară precipitaţiile determină eroziunea solului în special în zonele colinare din Moldova, Transilvania, nordul Munteniei şi Olteniei, Banat şi Dobrogea. Suma anuală a precipitaţiilor ajunge în aceste zone la 700 - 800 mm din care aproximativ două treimi cad în sezonul cald, din aprilie până în septembrie (tab. 4.12). Numărul anual al zilelor cu ploi creşte direct proporţional cu altitudinea, de la 60 în zona de câmpie la 80 în zona colinară şi 180 la munte.

Tabelul 4.12

Distribuţia precipitaţiilor în cursul anului (procente din suma anuală)
(*Stoenescu N.* şi colab., 1962)

Staţia	Iarna	Primăvara	Vara	Toamna	Sezonul cald (1.IV - 30.IX)	Cantitatea anuală (mm)
Vişeu de Sus	16,5	22,1	39,2	22,2	61,3	830
Bistriţa	16,6	24,4	36,8	22,2	61,2	680
Sibiu	12,9	25,4	41,6	20,1	67,0	662
Iaşi	16,5	23,3	38,9	21,3	62,2	518
Timişoara	20,3	25,1	30,7	23,3	55,8	631
Bucureşti	18,8	24,9	34,7	21,6	59,6	580
Constanţa	22,4	23,8	28,8	26,0	51,6	379
Sinaia	14,5	25,0	39,1	21,4	64,1	808

Moţoc M. şi colab. (1975) disting pe cuprinsul ţării noastre 4 sectoare climatice:

1. climă continental moderată (Podişul Transilvaniei, Câmpia Tisei, Maramureşul şi piemonturile vestice);
2. climă continentală (podişurile Getic, Moldovenesc şi Dobrogean);
3. clima litoralului maritim şi Deltei Dunării;
4. clima de munte.

Scanned with OKEN Scanner

Câteva caracteristici ale acestor sectoare climatice sunt prezentate în tabelul 4.13.

Tabelul 4.13

Caracteristicile principale ale sectoarelor climatice din România (după *Moţoc M.*, 1975)

Caracteristicile climatice	Sectorul climatic			
	1	2	3	4
Amplitudinea anuală a temperaturii aerului (°C)	24	24	23	18
Media anuală a temperaturii maxime absolute (°C)	32÷35	34÷39	32÷33	17÷18
Media anuală a temperaturii minime absolute (°C)	-18 ÷ -25	-20 ÷ -25	-15 ÷ -16	-25
Amplitudinile medii diurne ale temperaturii aerului în luna iulie (°C)	10÷11	10÷12	6÷7	3÷4
Nr. anual de zile cu îngheţ (temp. min. 0 °C)	100÷150	100 ÷ 120	80	200
Nr. anual de zile de vară (temp. max. < 25°C)	80÷100	90÷125	65÷80	-
Nr. anual de zile tropicale (temp. max. > 30°C)	15÷35	35÷65	6÷15	-
Umiditatea medie relativă la ora 14 în luna iulie (%)	50÷70	45÷55	60	80
Nr. zilelor senine în luna iulie la ora 8	12÷16	14÷20	20	8÷10
Nr. zilelor senine în luna iulie la ora 14	6÷10	10÷17	14÷20	2÷4
Cantitatea anuală a precipitaţiilor (mm)	600÷800	400÷600	350÷400	1000÷1500
Nr. anual de zile cu precipitaţii (P > 0,1 mm)	115÷130	70÷110	55÷80	150÷200
Nr. total de zile cu strat de zăpadă	25÷50	40÷60	10÷25	100÷225

Prezintă interes cantitatea maximă de precipitaţii căzute în 24 de ore. Pentru România, un exemplu îl constituie ploaia de 140,7 l/m^2, înregistrată la Câmpulung Muscel, pe data de 15 iulie 1937.

Intensitatea ploii reprezintă raportul între cantitatea de precipitaţii şi durata ploii şi se exprimă în *mm/min* sau *l/min*. Pentru a raporta cantitatea de apă căzută pe suprafaţa de un hectar se foloseşte relaţia:

$$I = 166{,}7 \cdot I_p \qquad (4.3)$$

în care:

I - intensitatea precipitaţiilor (l/s·ha);

I_p - intensitatea precipitaţiilor (mm/min).

În ţara noastră sunt considerate ploi torenţiale, producătoare de scurgeri şi eroziune, cele care au durata şi intensitatea menţionate în tabelul 4.14. *Neamţu T.* (1996) arată că în Podişul Bârladului ploile torenţiale reprezintă 2 - 55 % din totalul precipitaţiilor căzute şi au o distribuţie foarte variabilă în timp şi spaţiu.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.14

Intensitatea ploilor torențiale (mm/min) după durata acestora (după *Donciu C.*, 1965)

Durata ploii	Ploilor torențiale	
	obișnuite	excepționale
1 - 5	1,00	2,00
6 - 15	0,80	1,60
16 - 30	0,60	1,20
31 - 45	0,50	1,00
46 - 60	0,40	0,80
61 - 120	0,30	0,60
121 - 180	0,20	0,45
peste 180	0,10	0,30

Poziția nucleului torențial. La ploile torențiale, volumul scurgerilor și pierderile de sol prin eroziune depind de poziția nucleului torențial, adică a perioadei de timp în care se înregistrează intensitatea maximă a ploii. În timpul ploilor se pot evidenția 5 poziții ale nucleului torențial (tipuri de ploaie A, B, C, D, E):

A - când intensitatea ploii este uniformă pe toată durata;

B - cu nucleul torențial la începutul ploii;

C - cu nucleul torențial la mijlocul ploii;

D - cu nucleul torențial la sfârșitul ploii;

E - cu mai multe nuclee torențiale (fig. 4.5).

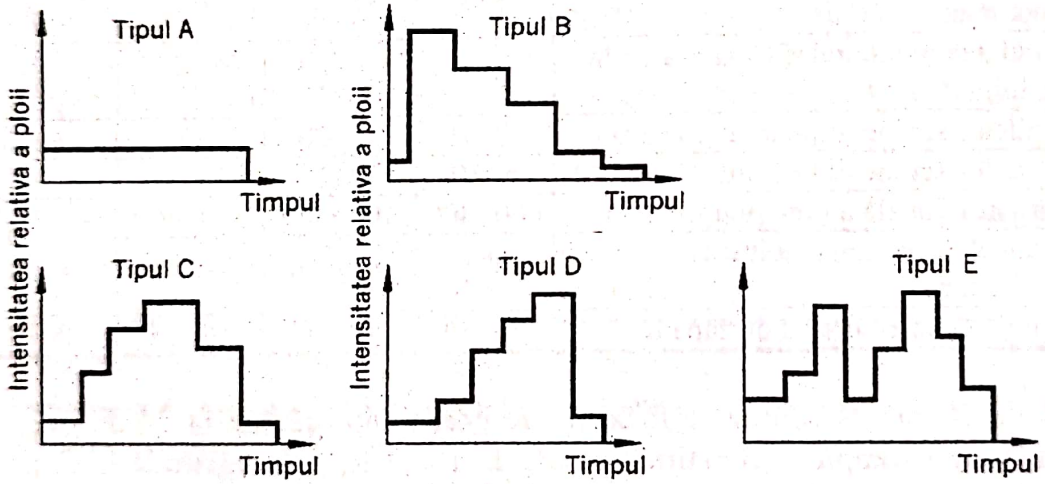


Fig. 4.5 Poziții ale nucleului torențial în timpul ploilor

Cele mai mari pierderi de apă și sol se înregistrează atunci când nucleul torențial este situat la mijlocul sau la sfârșitul ploii sau când apar două nuclee torențiale, căci solul fiind saturat cu apă, aceasta nu se mai poate infiltra și se scurge pe versant. Determinări efectuate în Podișul Bârladului au dovedit că poziția nucleului torențial influențează foarte mult procesul de eroziune. La o ploaie cu intensitatea de numai 0,65 mm/min dar de tip D, pierderile de sol au fost aproape de 5 ori mai mari decât la o ploaie de tip B cu intensitatea de 1,5 mm/min (tab. 4.15). Ploile însoțite de vânt și grindină sunt mai dăunătoare căci destramă mai energic agregatele de la suprafața solului și reduc permeabilitatea acestuia pentru apă. Determinări efectuate în Podișul Central Moldovenesc au arătat că peste 46 % din

Scanned with OKEN Scanner

ploile torențiale căzute în această zonă au avut nucleul torențial la mijlocul sau la sfârșitul perioadei de manifestare și scurgerile produse au depășit cu 26 % pe cele înregistrate la ploile cu intensitatea maximă la începutul perioadei iar pierderile de sol au fost de 3,6 ori mai mari.

Tabelul 4.15

Cantitatea de apă și sol scurse în funcție de tipul și intensitatea ploii în Podișul Bârladului (după *Luca A.* și colab., 1971)

Cultura	Ploaie de tip B 1,5 mm/min		Ploaie de tip C 1,4 mm/min		Ploaie de tip D 0,65 mm/min	
	apă (m^3/ha)	sol (t/ha)	apă (m^3/ha)	sol (t/ha)	apă (m^3/ha)	sol (t/ha)
Ierburi an I	247,9	12,7	255,4	33,3	295,1	30,4
Ierburi an II	119,0	6,8	50,9	6,0	121,0	4,1
Grâu	291,4	13,7	265,4	13,5	225,0	26,4
Mazăre	118,4	7,1	127,4	26,5	324,1	31,5
Porumb	300,4	12,7	345,4	116,9	648,0	149,7
Total	1077,1	53,0	1044,5	196,0	1613,2	242,1

Gradul de umezire a solului influențează mult permeabilitatea acestuia pentru apă și totodată eroziunea. Dacă ploile se produc la intervale scurte de timp, în zile succesive sau după aplicarea udărilor pe terenurile irigate, scurgerile și eroziunea se intensifică foarte mult, chiar dacă nucleul torențial este situat la începutul ploii (tab. 4.16).

Tabelul 4.16

Variația pierderilor de apă și sol la ploi cu intensitatea maximă la început dar căzute la intervale scurte de timp între ele (după *Popa A.*, 1984)

Data ploii		Cultura									
		Ierburi an I		Ierburi an II		Grâu		Mazăre		Porumb	
		apă (%)	sol (t/ha)	apă (%)	sol (t/ha)	apă (%)	sol (t/ha)	apă (%)	sol (t/ha)	apă (%)	sol (t/ha)
1959	4 VI	13	0,1	-	-	4	1,9	2	0,7	13	6,2
	5 VI	24	13,2	-	-	29	2,6	29	20,6	33	66,8
1965	15 VI	11	2,9	1	0,2	40	2,5	38	3,1	37	4,0
	16 VI	52	9,8	13	2,9	58	5,0	63	8,0	75	21,7

Indicele de agresivitate climatică reprezintă produsul între energia cinetică totală și intensitatea medie maximă a ploii dintr-o anumită zonă pe durata de 30 de minute. Prin însumarea acestor indici determinați pentru fiecare ploaie erozivă se obțin valori lunare sau anuale.

Sezonul critic de eroziune. Prezintă importanță și perioada de timp din cursul anului, când eroziunea solului înregistrează cele mai mari valori sau *sezonul critic de eroziune.* Măsurători efectuate mai mulți ani au dovedit că în condițiile climatice din țara noastră acest sezon critic se situează, pentru diferite culturi, între

Scanned with OKEN Scanner

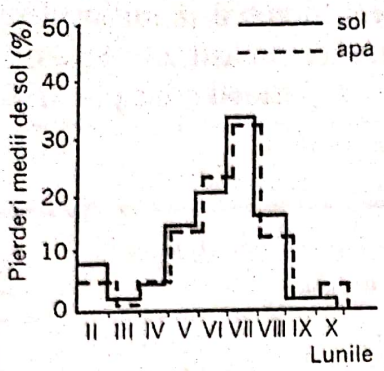


Fig. 4.6 Distribuţia lunară a valorilor relative ale pierderilor medii de apă şi sol pe ansamblul culturilor

lunile aprilie şi august. În general, pierderile de apă şi sol sporesc din aprilie până în iulie şi august (fig. 4.6) iar la culturile care se recoltează în luna iulie, cum sunt cerealele păioase, mazărea etc, eroziunea se intensifică când terenul rămâne neprotejat de plante.

Coeficientul mediu de scurgere. Pentru dimensionarea lucrărilor antierozionale se ia în consideraţie coeficientul mediu de scurgere (K):

$$k = \frac{h}{H} \qquad (4.4)$$

în care:

$h = H - (h_i + a)$ - cantitatea de apă scursă (mm);

H - cantitatea de precipitaţilor care au determinat scurgerea (mm);

h_i - cantitatea de apă infiltrată (mm);

a - cantitatea de apă reţinută de vegetaţie (mm).

Cantitatea de apă infiltrată depinde de însuşirile solului, panta terenului, gradul de acoperire cu vegetaţie etc. În solurile cu textură nisipoasă sau nisipo-lutoasă, apa se infiltrează mai repede decât în cele argiloase (fig. 4.7). În solul umed, apa se infiltrează mai încet decât în cel uscat.

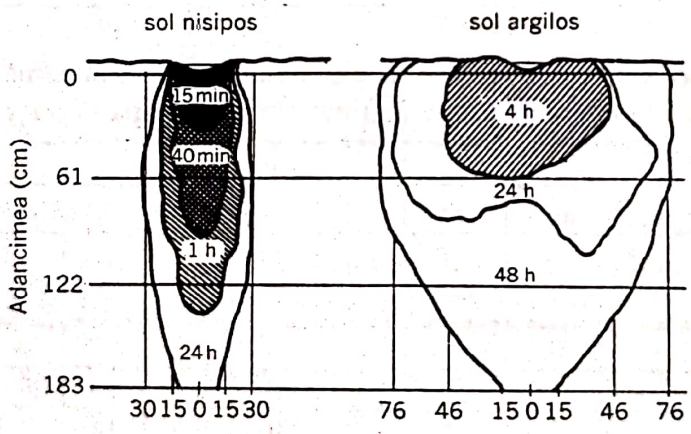


Fig. 4.7 Diferenţierea infiltraţiei apei în funcţie de textura solului

Luca A. (1971) distinge 4 grupe de soluri după infiltraţie (tab. 4.17). Apa reţinută de părţile aeriene ale plantelor variază după gradul de dezvoltare a vegetaţiei, densitatea culturii şi suprafaţa totală a frunzelor raportată la unitatea de suprafaţă a terenului (tab. 4.18). Determinări făcute în judeţul Iaşi au arătat că apa reţinută pe părţile aeriene ale plantelor prăşitoare, aflate în fază maximă de dezvoltare, a fost de 0,660 - 3,209 mm/m^2. Coeficientul de scurgere variază mult în funcţie de planta cultivată, gradul de umezire a solului, panta terenului etc. Pe solurile argiloase coeficientul de scurgere are valori mai mari decât pe cele lutoase

Scanned with OKEN Scanner

(tab. 4.19). Cercetări efectuate la S.C.A. Podu-Iloaiei, jud. Iaşi, într-o cultură de porumb pe cernoziom cambic, au pus în evidenţă importanţa conţinutului de apă al solului în momentul începerii ploii. S-a constatat că la o creştere a umidităţii solului de la 20,9 % la 25,0 % a scăzut infiltraţia şi au sporit scurgerile şi cantitatea de sol erodat cu 65 % şi respectiv 74 % (tab. 4.20). Acest lucru trebuie luat în consideraţie, în special, la irigarea culturilor situate pe terenuri în pantă.

Tabelul 4.17

Clasificarea solurilor în funcţie de viteza de infiltraţie stabilizată (după *Luca Al.*, 1971)

V_f (mm/min)	Grupa de soluri	Tipul de sol şi gradul de eroziune
1,0 - 0,8	A. Soluri profunde cu textură grosieră cu potenţial de infiltraţie maxim, formate pe roci permeabile	- Cernoziomuri carbonatate, neerodate sau cu eroziune slabă şi moderată; - Cernoziomuri cambice, moderat sau slab erodate.
0,8 - 0,6	B. Soluri mijlociu de profunde, cu textură medie şi cu potenţial de infiltraţie aproape mediu	- Cernoziomuri cambice cu eroziune moderată; - Rendzine neerodate sau cu eroziune slabă; - Soluri brune de pădure neerodate sau cu eroziune slabă până la puternică.
0,6 - 0,4	C. Soluri cu textură medie spre fină şi cu potenţial de infiltraţie mai mic decât valoarea medie	- Cernoziomuri carbonatate cu eroziune puternică şi foarte puternică; - Cernoziomuri cambice cu eroziune puternică şi foarte puternică; - Soluri brune de pădure podzolite, cu eroziune puternică şi foarte puternică; - Rendzine cu eroziune moderată; - Pseudorendzine neerodate; - Podzoluri argilo-iluviale neerodate sau puternic erodate.
0,4 - 0,2	D. Soluri cu textură fină, puţin profunde şi cu potenţial de infiltraţie minim	- Rendzine cu eroziune puternică şi foarte puternică; - Pseudorendzine cu eroziune de la slab la foarte puternică; - Soluri brune de pădure cu eroziune foarte puternică; - Podzoluri argilo-iluviale cu eroziune foarte puternică.

Tabelul 4.18

Cantitatea de apă reţinută de vegetaţie (după *Boldakov*, citat de *Moţoc M.*, 1971)

Starea de acoperire a solului	Apă reţinută (mm/m^2)
Teren neted, slab înierbat	2
Teren cu neregularităţi, slab înierbat, cu tufişuri rare	3 - 5
Teren bine înierbat, tufişuri, pădure mică	6 - 10
Pădure mijlocie, fâneaţă cu vegetaţie foarte abundentă	10 - 15
Pădure bătrână, consistenţă plină, lizieră bine dezvoltată	15 - 20 şi chiar mai mult

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.19

Valoarea coeficienților de scurgere la ploi cu diferite asigurări
(după *Moțoc M.* și colab., 1975)

Cultura	Textura solului			
	grea		medie	
	asigurarea ploii (%)			
	10	20	10	20
Pajiște naturală	0,15	0,10	0,10	0,05
Ierburi cultivate	0,25	0,20	0,20	0,15
Cereale păioase	0,30	0,25	0,25	0,20
Mazăre	0,45	0,35	0,30	0,25
Porumb, cartof	0,60	0,50	0,50	0,45
Ogor negru	0,65	0,60	0,60	0,50
Viță de vie	0,75	0,65	0,60	0,55

Tabelul 4.20

Variația infiltrației, scurgerii și eroziunii solului,
în funcție de starea de umiditate la Podu-Iloaiei

Umiditatea solului pe 0 - 20 cm	Infiltrație		Scurgeri		Sol erodat	
	m^3/ha	%	m^3/ha	%	m^3/ha	%
20,9	38,1	100	395,3	100	4,5	100
25,0	12,8	33	652,1	165	7,9	174

4.2.3 Solul și roca de solificare

Procesul de eroziune este influențat și de unele însușiri ale solului cum ar fi textura, structura, permeabilitatea, conținutul în humus, calciu, sodiu etc.

Textura. Principalele componente minerale ale solului sunt argila, praful și nisipul iar proporția acestora permite clasificarea granulometrică sau texturală, deosebindu-se din acest punct de vedere soluri nisipoase, lutoase, argiloase etc. Solurile nisipoase sunt ușor permeabile și în condițiile unei ploi liniștite, apa se infiltrează ușor, fără a se produce eroziune. La o ploaie torențială, pe versante, particulele de nisip sunt antrenate de apă, datorită lipsei de coeziune și eroziunea se amplifică foarte repede. Atunci când în sol există, la orice adâncime, un strat impermeabil se poate acumula deasupra lui o peliculă de apă care înlesnește producerea alunecărilor de teren. Solurile argiloase au permeabilitatea redusă și la ploi abundente apa bălțește pe teren plan sau se scurge și produce eroziune pe versante. Solurile lutoase au permeabilitatea mai bună și sunt mai puțin expuse eroziunii.

Structura solului influențează de asemenea eroziunea căci cele cu structură glomerulară stabilă au permeabilitatea bună și apa se infiltrează în mare parte în adâncime iar solurile fără structură, prăfoase, au permeabilitatea redusă și sunt expuse eroziunii.

Scanned with OKEN Scanner

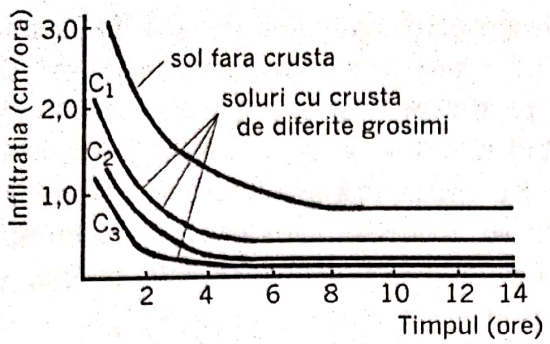


Fig. 4.8 Infiltrația apei în sol fără crustă și cu crusta de diferite grosimi

scurgerea şi eroziunea (fig. 4.8).

Starea suprafeței terenului influențează, de asemenea, scurgerile şi eroziunea. Astfel, primăvara, încălzirea vremii poate determina topirea rapidă a zăpezii, în special pe versantele sudice, şi pământul fiind încă înghețat, apa nu se poate infiltra în sol, se scurge la suprafață şi produce eroziunea. Crusta care se formează în special la suprafața solurilor argiloase prin destrămarea agregatelor reduce infiltrația, măreşte

Tabelul 4.21

Clasificarea solurilor în raport cu erodabilitatea, ținând seama de tipurile genetice, starea de eroziune şi unele proprietăți fizice (după *Moțoc M.* şi *Luca Al.*, 1971)

Clasa	Tipul genetic de sol	Caracteristici		Valoarea relativă a erodabilității
		Textura	Starea de eroziune	
1	2	3	4	5
1	- Brune de pădure - Brune de pădure podzolite - Cenuşii de pădure - Podzoluri - Rendzine şi pseudorendzine	Uşoară Uşoară Uşoară Uşoară Uşoară	F. puternic erodate F. puternic erodate F. puternic erodate F. puternic erodate F. puternic erodate	1,2
2	- Cernoziomuri cambice - Brune de pădure	Medie - grea Medie - uşoară	Puternic erodate Puternic erodate	1,0
3	- Cernoziomuri cambice - Rendzine - Brune de pădure - Brune podzolite	Medie	Moderat erodate Moderat erodate Moderat erodate Moderat erodate	0,9
4	- Cernoziomuri cambice - Cernoziomuri cambice formate pe marne - Brune de pădure - Brune podzolite - Cenuşii de pădure	Uşoară Medie Uşoară Uşoară Uşoară	Moderat erodate Moderat - puternic erodate Moderat erodate Moderat erodate Moderat erodate	0,8
5	- Cernoziomuri cambice - Cernoziomuri carbonatate - Brune de pădure	Luto-nisipoasă Luto-nisipoasă Puternic coezive	Slab erodate Moderat erodate Slab sau moderat erodate	0,7
6	- Cernoziomuri cambice - Cernoziomuri carbonatate	Bine structurate Bine structurate	Slab sau moderat erodate	0,6

Roca pe care s-a format solul determină alcătuirea lui granulometrică şi influențează rezistența lui la eroziune, căci cel format pe roci dure (conglomerate,

Scanned with OKEN Scanner

gresii, etc) este un sol subțire, care reține o cantitate mai mică de apă, infiltrația este redusă şi eroziunea se amplifică. Solurile formate pe roci friabile (loess, argilă, nisip etc) reţin mai multă apă, sunt mai uşor permeabile iar scurgerile şi eroziunea sunt mai reduse. Dacă eroziunea îndepărtează solul şi roca mamă ajunge la suprafață, aceasta se erodează greu dacă este o rocă dură şi formează praguri pe fundul ogaşelor şi ravenelor. Rocile friabile se erodează mai uşor şi se ajunge repede la formarea ogaşelor şi ravenelor. Cel mai uşor sunt erodate nisipul şi loessul, apoi rocile calcaroase şi ceva mai greu argilele compacte şi marnele.

Moțoc M. şi *Luca A.* (1971) clasifică solurile din țara noastră în şase clase, după valoarea relativă a erodabilității, care este exprimată printr-un coeficient ale cărui valori sunt cuprinse între 0,6 şi 1,2 (tab. 4.21).

Eroziunea solului creşte invers proporțional cu infiltrația şi aceasta depinde, după cum s-a arătat mai sus, de textura lui precum şi de tipul de sol şi starea lui de eroziune.

4.2.4. Vegetația

Comunitatea vegetală sau fitocenoza îndeplineşte rolul important de protecție a solului împotriva eroziunii şi cu cât volumul masei vegetale este mai abundent cu atât protecția oferită solului este mai bună. Dacă se consideră egal cu 1 coeficientul de protecție a solului de către păduri şi pajişti încheiate, pe terenul cultivat cu porumb, floarea-soarelui ş.a. acest coeficient este de numai 0,2 - 0,4 (tab. 4.22). Pădurile de foioase şi răşinoase din zona temperată, cu ramurile şi frunzişul lor bogat, interceptează picăturile de ploaie şi reţin 15 - 30 % din precipitațiile căzute. Apa ajunsă de pe ramuri la suprafața solului se infiltrează în cea mai mare parte, căci terenul este acoperit cu frunze şi resturi de ramuri în descompunere, formând litiera şi aceasta, împreună cu pătura de muşchi care tapisează solul, absorb de 4 - 5 ori mai multă apă decât greutatea lor. Se apreciază că 1 ha de pădure reține în acest fel 50 m^3 de apă în urma fiecărei ploi bogate.

Apa care se scurge pe versante întâlneşte în cale tulpinile arborilor care, împiedică formarea şuvoaielor şi eroziunea este frânată. Într-o pădure din Coasta de Fildeş, situată pe teren înclinat, se pierdea anual prin eroziune o cantitate de sol de circa 2 t/ha iar după defrişarea acesteia cantitatea de sol erodat a ajuns la 93 t/ha. Se consideră că pădurea poate proteja solul împotriva eroziunii de 3 - 4 ori mai bine decât pajiştea, de 50 - 200 ori bine decât culturile prăsitoare şi de 100 -500 de ori mai bine față de terenul lipsit de vegetație (*Giurgiu V.*, 2001). Se estimează că în perioada preistorică pădurile ocupau circa 70 % din suprafața uscatului, în prezent, suprafața împădurită pe glob diferă de la o zonă la alta. Există țări cu peste 60 % suprafață împădurită, cum ar fi: Brazilia, Indonezia, Peru etc, altele cu 46 - 60 % împăduriri (Finlanda, Suedia, Venezuela etc), altele cu 31 - 45 % suprafață împădurită (SUA, Rusia, Argentina, etc) şi o altă categorie (Franța, Germania, Italia, România etc) cu 21 - 30 % suprafață împădurită (*Ionescu Al.*, 1982). O statistică FAO arată că în perioada 1981 - 1990, procentul de despădurire anuală a ajuns la circa 17 mii ha anual. În zona de dealuri şi munți din țara noastră,

Scanned with OKEN Scanner

unde cad peste 800 mm precipitații, pădurile ocupă o suprafață totală de 6,4 mil ha (circa 27 % din suprafață) şi acolo unde sunt exploatate raţional, protejează bine solul împotriva eroziunii. Pădurea prezintă importanță şi pentru purificarea aerului, căci în fiecare zi un ha de pădure degajă 180 - 220 kg oxigen şi absoarbe din atmosferă 220 - 280 kg CO_2. Se estimează că despăduririle din zona tropicală au sporit cu 26 - 33% cantitatea de CO_2 din atmosferă.

Tabelul 4.22

Efectul vegetației asupra modului de protejare a terenului (după *Dîrja M.*, 2000)

Modul de protejare a terenului	Folosința	Denumirea folosinței	Coeficient de protejare a terenului	Panta (%) până la care nu sunt necesare lucrări antierozionale
Teren foarte bine protejat	Vegetație permanentă	Pădure încheiată, fâneață încheiată, pășune încheiată	1,0 - 0,9	30
Teren bine protejat	Fâneață din leguminoase şi graminee sau livadă	Lucernă + Bromus Trifoi + timoftică Festuca + Lotus Livadă înțelenită	0,9 - 0,75	20
Teren mijlociu protejat	Leguminoase fără graminee	Trifoi, lucernă, Melilotus	0,75 - 0,6	15
	Cereale păioase	Grâu, secară, orz, ovăz	0,75 - 0,6	15
Teren slab protejat	Leguminoase semănate în rânduri distanțate	Mazăre, soia, fasole, alune de pământ	0,6 - 0,4	10
Teren foarte slab protejat	Prăsitoare	Porumb, cartof, sfeclă, floarea soarelui, tutun	0,4 - 0,25	5
Teren neprotejat	Ogor	Ogor de vară Perioada între executarea arăturii şi creşterea culturilor agricole	0,2	3

Pajiştile şi terenurile înierbate. Pe pajişti, gramineele şi leguminoasele perene protejează bine solul împotriva eroziunii. Plantele interceptează 0,1 - 0,2 % din precipitații. Se apreciază că într-o fâneață, 70 % din apa provenită din precipitații se infiltrează şi numai 20% se scurge la suprafață şi 10 % se evaporă, pe când la culturile anuale, numai 30 % se infiltrează în sol şi 60 % se scurge la suprafață (*Răsmeriță I.*, 1982). Protecția bună a solului împotriva eroziunii pe pajişti se datorează densității mari a plantelor şi suprafeței foliare bogate, care interceptează picăturile de ploaie şi nu lasă ca acestea să destrame agregatele şi să reducă infiltrația. Rădăcinile fasciculate ale gramineelor furajere îmbunătățesc structura

Scanned with OKEN Scanner

solului şi prin aceasta măresc permeabilitatea acestuia. Pe pajiştile degradate, unde vegetaţia protejează slab solul, scurgerile de suprafaţă şi eroziunea se amplifică foarte mult (tab. 4.23).

Tabelul 4.23

Cantităţile medii anuale de apă şi sol scurse în funcţie de acoperirea cu vegetaţie (după *Costache I.* şi colab., 1968)

Pierderi de apă şi sol	Pajişte degradată, acoperire 5%	Păşune refăcută, acoperire 100 %	Fâneaţă refăcută, acoperire 100%
Apă scursă (m^3 /ha)	290,0	91,1	86,6
Sol erodat (t/ha)	12,7	1,7	1,4

Urmărindu-se dinamica scurgerilor pe o pajişte timp de 50 min, la o aspersiune de 1 mm/min, s-a constatat că la o acoperire a solului de 10 % scurgerile de suprafaţă au fost de aproximativ două ori mai mari decât în cazul solului acoperit de vegetaţie în proporţie de 90 % iar cantitatea de sol erodat a fost în primul caz de 6,3 m^3/ha iar în cazul al doilea nu s-au produs pierderi de sol (*Dumitrescu N.*, 1964). În ţara noastră pajiştile ocupă circa 4,85 mil ha sau 32,7 % din terenul agricol şi peste 52 % din această suprafaţă este situată pe versante. Acolo unde vegetaţia păşunilor şi fâneţelor are densitate normală, solul este bine protejat de eroziune.

Culturile agricole - anuale, bienale sau perene - protejează mai mult sau mai puţin solul împotriva eroziunii, după cum densitatea şi suprafaţa lor foliară, la 1 m^2 de teren, este mai mare sau mai mică, în diferitele faze de vegetaţie. *Neamţu T.* (1996) arată că acest indice foliar de protecţie a solului variază de la 4,8 la porumb până la 27 la ierburile perene anul II - V. Starea de dezvoltare a plantelor influenţează gradul de protecţie a solului. Astfel, în condiţiile climatice din ţara noastră, în luna iunie, când plantele sunt mai bine dezvoltate, pierderile de sol reprezintă doar 46% din valoarea celor produse în luna mai. Lucrările solului, modul de orientare a rândurilor de plante etc influenţează, de asemene, pierderile de sol prin eroziune.

În decursul mileniilor s-a stabilit un echilibru natural al eroziunii dar prin intervenţia nepotrivită a omului, în unele zone, acest echilibru s-a rupt, producându-se aşa-numita eroziune accelerată. Aceasta se datorează, în special, defrişării exagerate a pădurilor, chiar şi în locurile unde ele protejau solul împotriva eroziunii, desţelenirii terenurilor cu panta mare, degradării pajiştilor prin păşunat abuziv, aplicării unei agrotehnici nepotrivite pe versante etc.

4.3 Clasificarea eroziunii solului

Eroziunea solului, ca proces natural, prezintă trei forme principale, care se diferenţiază după perioada de timp şi intensitatea de manifestare: eroziunea naturală veche, eroziunea naturală actuală şi eroziunea accelerată (antropică).

Scanned with OKEN Scanner

4.3.1 Eroziunea naturală

Eroziunea naturală veche (geologică) reprezintă eroziunea hidrică care a determinat în decursul erelor geologice geneza formelor de relief şi a reţelei hidrografice. Procesul se desfăşoară într-un ritm lent, inferior celui de formare a solului prin procese fizico-chimice şi biologice, fapt pentru care modificările produse în morfometria profilului de sol pot fi percepute doar într-o perioadă îndelungată de timp. Eroziunea naturală, corespunzătoare condiţiilor orofitoclimatice actuale, reprezintă **eroziunea naturală actuală** sau eroziunea normală actuală.

4.3.2 Eroziunea accelerată

Eroziunea accelerată sau eroziunea antropică depăşeşte în intensitate eroziunea naturală, constituind factorul de degradare a solului capabil de a epuiza ireversibil această resursă vitală omenirii.

După modul în care apa acţionează la suprafaţa terenului, se pot produce eroziunea prin picături şi eroziunea prin scurgere, după cum s-a precizat anterior.

Considerând efectul procesului asupra configuraţiei terenului se deosebesc eroziunea de suprafaţă şi eroziunea în adâncime.

4.3.3 Eroziunea de suprafaţă

Eroziunea de suprafaţă sau ablaţia determină decaparea unui strat relativ uniform de sol, prin îndepărtarea particulelor constituente ale acestuia, ca efect al scurgerii apei în pânză continuă şi/sau prin şiroire. *Eroziunea prin şiroire* determină apariţia pe suprafaţa versantelor a unei reţele relativ uniforme de rigole cu trasee instabile şi adâncimea de câţiva centimetri, ca urmare a acţiunii apei concentrate în şiroaie. Datorită caracterului insidios cu care se produce, procesul este puţin perceptibil dar provoacă daune mari, exprimate prin distrugerea stratului fertil al solului sau în absenţa preocupărilor antierozionale prin îndepărtarea întregului profil de sol.

Dacă în faza incipientă de concentrare a scurgerii se formează rigole de dimensiuni reduse, odată cu creştere debitului determinată de confluenţa curenţilor iau naştere rigole cu adâncimea de până la 30 cm.

După gradul în care terenul este afectat de eroziune se pot distinge cinci clase de degradare (tab. 4.24).

Ploile care survin pe fondul unui strat de sol mobilizat prin arătură pot realiza îndepărtarea acestuia până la talpa plugului, pe fâşii cu lăţimea de până la 3 m, procesul fiind cunoscut sub denumirea de *eroziune de hardpan.*

Întrucât solul este afectat pe o adâncime redusă, desfiinţarea formelor eroziunii de suprafaţă este posibilă prin efectuarea lucrărilor agrotehnice pe direcţia generală a curbelor de nivel.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.24

Clase de apreciere a gradului de degradare a terenurilor prin eroziunea de suprafață (după *I.C.P. A.*, 1987)

Denumire	Caracterizare
Teren slab afectat de eroziune	Terenuri cu soluri slab erodate pe 11 - 100 % din suprafață și/sau soluri puternic erodate pe 10 - 25 % și/sau soluri puternic erodate pe 1 - 10 % din suprafață.
Teren moderat afectat de eroziune	Terenuri cu soluri moderat erodate pe 26 - 100 % din suprafață și/sau puternic erodate pe 10 - 50 % și/sau soluri foarte puternic erodate pe 1 - 25 % din suprafață.
Teren puternic afectat de eroziune	Terenuri cu soluri puternic erodate pe 51 - 100 % din suprafață și/sau foarte puternic erodate pe 26 - 50 % și/sau soluri excesiv erodate pe 1 - 25 % din suprafață.
Tern foarte puternic afectat de eroziune	Terenuri cu soluri foarte puternic erodate pe 51 - 100 % din suprafață și/sau soluri excesiv erodate pe 26 - 50 % din suprafață.
Teren excesiv afectat de eroziune	Terenuri cu soluri excesiv erodate pe 51 - 100 % din suprafață.

4.3.4 Eroziunea în adâncime

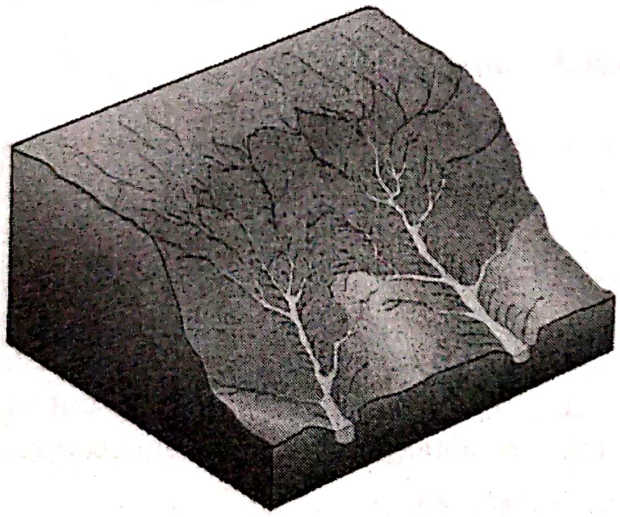


Fig. 4.9 Concentrarea scurgerii și evoluția formelor eroziunii în adâncime

Este reprezentată prin apariția pe versante a formelor depresionare adâncite, generate de forța de roadere a curenților de apă concentrați (fig. 4.9). Caracteristica acestor formațiuni o constituie evoluția lor continuă, atât în adâncime cât și în lungime și lateral (fig. 4.10).

Spre deosebire de formele eroziunii de suprafață, elementele eroziunii în adâncime sunt mai mari și au durata mai lungă de existență. Prezența acestora determină scoaterea din circuitul agricol a unor suprafețe însemnate de teren, stânjenind totodată efectuarea lucrărilor agricole cu mijloace mecanizate. Între diferitele criterii de clasificare a formelor eroziunii în adâncime, cele mai importante sunt cele care fac referire la stadiul de dezvoltare și respectiv la intensitatea procesului eroziv (tab. 4.25).

Corespunzător stadiului de dezvoltare se disting: *rigole propriu-zise* (cu adâncimi de 20 - 50 cm), *ogașe* (cu adâncimi de 0,5 - 3,0 m) și *ravene* (cu adâncimi de peste 3 m) (fig. 4.11).

Scanned with OKEN Scanner

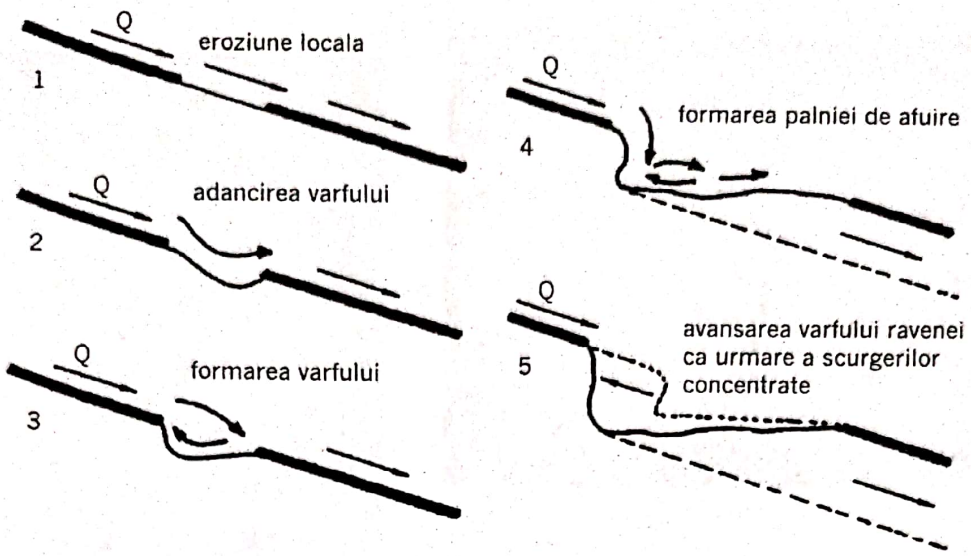


Fig. 4.10 Stadii în dezvoltarea ravenelor pe. terenurile în pantă (după *Leopold*, *Wolman* şi *Miller*, citaţi de *Mircea S.*, 2002)

Tabelul 4.25

Caracteristici ale formelor eroziunii în adâncime (după *I.C.P.A.*, 1987)

Denumire	Adâncime (m)	Lăţime (m)	Apreciere	Caracterizare
Şiroiri sau rigole	-	-	-	Şiroire - şanţuri de 0,2 m adâncime care dispar la prima lucrare a solului pe direcţia curbelor de nivel; Rigolă - şanţuri de 0,2 - 0,5 m adâncime care pot fi traversate de maşinile agricole.
Ogaşe	< 2	-	mici	Forme negative de relief cu adâncimea de 0,5 - 3,0 m, neramificată, cu talvegul relativ la suprafaţa solului.
	2 - 3	< 5	adânci	
Ravene	3 - 5	< 5	mici	Forme negative de relief cu adâncimea > 3,0 m, uneori ramificată, cu talvegul asemănător unei văi (vale torenţială).
		> 5		
	5 - 10	< 5	mijlocii	
		> 5		
	> 10	-	adânci	

Tabelul 4.26

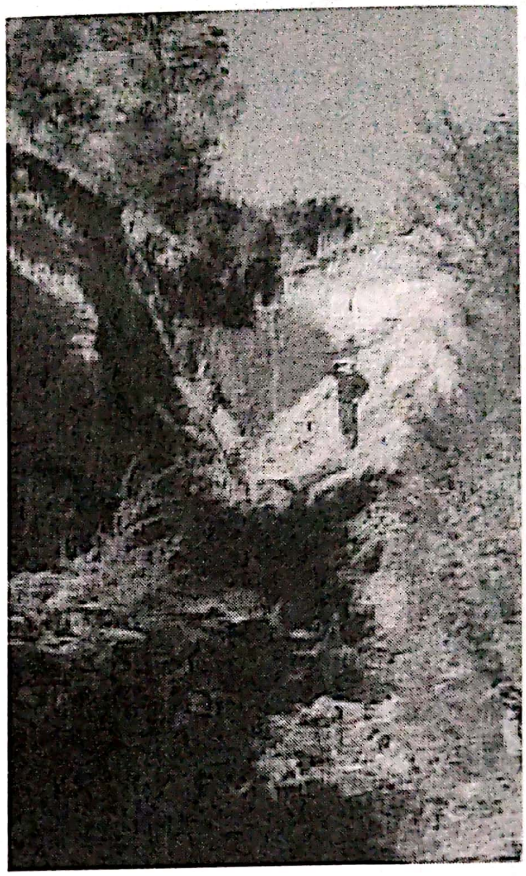
Clasificarea eroziunii prin ravenare (după *Klinicenko* şi *Ilinski*, 1976, citaţi de *Mircea S.*, 2002)

Gradul de eroziune prin ravenare	Densitatea ravenelor (km/km^2)	Rata de ravenare (ha/km^2)	Frecvenţa ravenelor (km^{-2})
Foarte redus	0,15	0,2	1
Redus	0,15 - 0,6	0,2 - 0,9	1 - 4
Moderat	0,6 - 2,2	0,9 - 3,5	4 - 17
Sever	2,2 - 9,0	3,5 - 14,0	17 - 67
Foarte sever	> 9,0	> 14	> 67

Scanned with OKEN Scanner

a

b



c

Fig. 4.11 Forme ale eroziunii în adâncime. a - rigole; b - ogaş; c- ravenă

După densitate şi suprafaţa ocupată de ravene se pot diferenţia 5 grade de eroziune (tab. 4.26).

Considerând intensitatea de manifestare a procesului eroziv, apreciată în funcţie de ritmul de creştere în lungime a ravenelor, se deosebesc ravene cu dezvoltare lentă (înaintează cu cel mult 1 m/an), cu dezvoltare moderată (avansează cu 1 - 3 m/an) şi cu dezvoltare puternică (înaintează cu mai mult de 3 m/an).

Ravenele se pot forma în treimea superioară a versantului, în treimea inferioară sau pe toată lungimea lui. În primul caz, ravena prezintă o evoluţie rapidă, atât în lungime cât şi în lăţime, datorită scurgerilor concentrate de suprafaţă şi prăbuşirilor de mal generate de păşunatul excesiv. În cazul al doilea, se produce o evoluţie regresivă, determinată de scurgerile concentrate formate la vârf şi prăbuşirii malurilor. Ravenele formate pe toată lungimea versantului reprezintă o combinaţie a tipurilor anterioare şi exprimă stadiul final de evoluţie a lor (fig. 4.12). Formaţiunile eroziunii în adâncime aflate în stadiu activ de dezvoltare totalizează peste 22.500 km la nivelul întregii ţări, fiind răspândite prioritar în Depresiunea Transilvaniei, Dealurile Subcarpatice, dealurile şi depresiunile vestice, Podişul Getic, zona de curbură a Carpaţilor, Podişul Moldovenesc şi în Dobrogea (fig. 4.13).

Scanned with OKEN Scanner

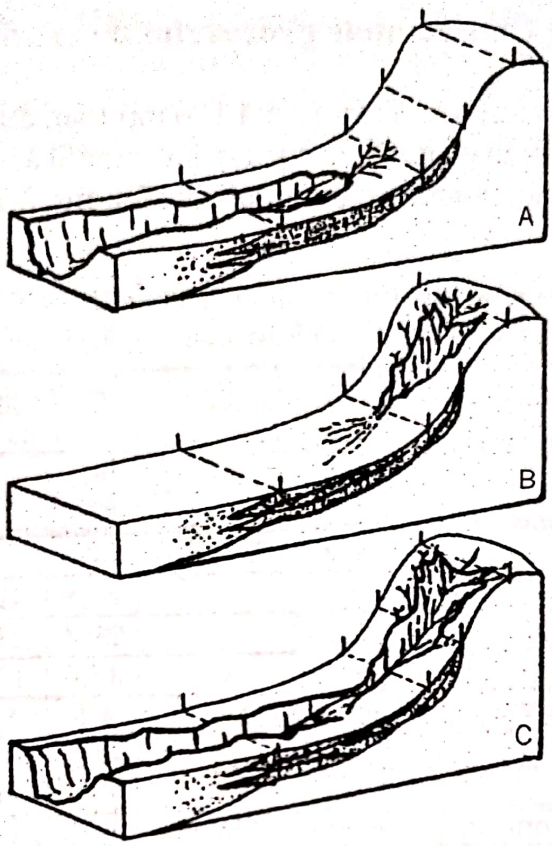


Fig. 4.12 Diferite tipuri de ravene formate pe versante
(după *Oliveira*, 1989, citat de *Mircea S.*, 2002)
A - în treimea inferioară; B - în treimea superioară;
C - pe toată lungimea versantului

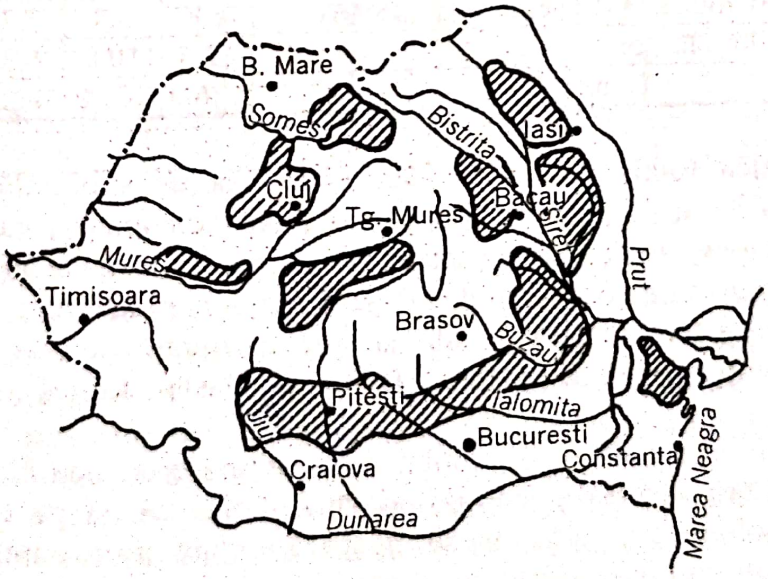


Fig. 4.13 Areale afectate de eroziunea în adâncime în România
(după *I.S.P.I.F.*, 1992)

Scanned with OKEN Scanner

4.4 Consecințele procesului de eroziune

În România, eroziunea totală reprezintă 126 mil t/an, din care aproximativ 44,6 mil tone aluviuni sunt transportate de rețeaua hidrografică, cantitate ce exprimă un coeficient de efluență aluvionară de 0,35 (tab. 4.27 și fig. 2.1).

Tabelul 4.27

Eroziunea totală și efluența aluvionară pe forme de eroziune, și folosințe ale terenului în România (după *Moțoc M.*, 1984)

Forma de eroziune și folosința terenului	Eroziunea totală		Efluența aluvionară		
	mil. tone	%	mil. tone	%	coef. de efluență
Total în România					
Eroziunea de suprafață	61,8	49,0	16,1	36,2	0,26
Eroziunea în adâncime	29,8	23,6	13,8	31,0	0,46
Alunecările de teren	15,0	12,0	5,2	11,6	0,35
Eroziunea în adâncime și alunecările în fondul forestier	6,8	5,4	2,7	5,9	0,40
Eroziunea malurilor râurilor	12,6	10,0	6,8	15,3	0,54
Total	126,0	100,0	44,6	100,0	0,35
Total în România pe categorii de folosință și forme de eroziune					
Arabil	28,0	23,3	7,9	17,7	0,28
Pajiști	45,0	35,7	12,3	27,6	0,27
Plantații pomicole	2,1	1,7	0,6	1,4	0,29
Plantații viticole	1,7	1,2	0,5	1,1	0,28
Eroziunea în adâncime	29,8	23,6	13,8	31,0	0,46
Total fond agricol	106,6	84,5	34,2	78,8	0,32
Fond forestier (eroziunea în adâncime și alunecări)	6,8	5,4	2,7	5,9	0,40
Eroziunea malurilor râurilor	12,6	10,6	6,8	15,3	0,54
Total	126,0	100,0	44,6	100,0	0,35

La cantitatea totală de sol erodat, eroziunea de suprafață contribuie în proporție de 49 % iar dintre folosințe, pajiștile sunt cele mai afectate (45 mil t). O mare efluență aluvionară este generată de eroziunea în adâncime (13,8 mil t) căreia îi corespunde un coeficient de efluență aluvionară mediu de 0,46. Cele mai mari suprafețe de terenuri arabile afectate de eroziune a solului se regăsesc pe teritoriile administrative ale județelor Botoșani, Vaslui, Mureș, Cluj, Iași, Sălaj etc (tab. 4.28).

Consecința principală a procesului de eroziune este modificarea însușirilor solului. Eroziunea afectează atât proprietățile fizice cât și pe cele chimice și biologice ale solului. Prin eroziune se modifică textura în orizontul arabil datorită dislocării și transportului, îndeosebi, a particulelor fine ale fazei solide a solului. Textura se modifică însă și datorită faptului ca prin procesul de eroziune sunt aduse la zi orizonturile inferioare, cu alcătuirea granulometrică mai puțin favorabilă plantelor cultivate decât cea a orizontului cu humus. În urma cercetărilor efectuate

Scanned with OKEN Scanner

la S.C.C.C.E.S. Perieni - Bârlad s-a constatat că în cazul unei stări avansate de eroziune, conținutul de argilă pe primii 20 cm se reduce în comparație cu solul neafectat de eroziune cu 17 % la cernoziomul cambie, 34 % la solul brun eumezobazic şi cu 28 % la solul cenuşiu închis iar densitatea aparentă se majorează cu 7 % până la 30 %.

Tabelul 4.28

Distribuția pe județe a terenurilor afectate de eroziune(după *Nițu I.* şi colab., 2000)

Județul	Agricol (mii ha)	Arabil (mii ha)	Județul	Agricol (mii ha)	Arabil (mii ha)
Cluj	360	159	Neamț	150	68
Harghita	310	67	Buzău	122	22
Mureş	308	183	Prahova	117	8
Botoşani	285	214	Constanța	113	73
Caras Severin	282	52	Arad	112	35
Vaslui	279	205	Galați	100	62
Alba	274	96	Dolj	99	65
Bistrița	254	84	Covasna	95	22
Maramureş	249	62	Vrancea	87	23
Hunedoara	239	38	Tulcea	85	44
Sibiu	223	69	Timiş	81	46
Iaşi	222	136	Dâmbovița	67	13
Bacău	213	95	Olt	66	37
Sălaj	210	105	Satu Mare	60	33
Suceava	198	65	Teleorman	46	38
Vâlcea	177	42	Giurgiu	26	21
Bihor	176	70	Călăraşi	11	9
Gorj	174	51	Ialomița	11	10
Braşov	164	35	S. A. Ilfov	4	3
Argeş	160	29	Brăila	1	1
Mehedinți	157	80	Total	6367	2571

Odată cu accentuarea gradului de eroziune se reduce cantitatea de apă accesibilă plantelor. *Popa A.* şi colab. (1984) constată, pe cernoziomul cambie puternic erodat din Podişul Bârladului, diminuarea capacității de apă utilă pe primii 100 cm cu circa 800 m^3/ha, ceea ce reprezintă 40 % din capacitatea solului neerodat. Pe sol cenuşiu de pădure puternic erodat, cantitatea de apă existentă în sol la începutul perioadei de vegetație era cu 60 - 64 % mai mică față de rezerva existentă în solul slab erodat (tab. 4.29).

Eroziunea afectează potențialul de producție al solului inclusiv prin diminuarea rapidă a conținutului de humus şi azot din sol şi într-o măsură mai mică conținutului de fosfor. Se apreciază că decaparea unui strat de sol cu grosimea de 1 cm din orizontul superior al cernoziomului este echivalentă cu pierderea a 150 t în care se includ 6 t de humus. Concomitent cu degradarea însuşirilor fizice şi chimice se diminuează şi activitatea microorganismelor din sol. Rezultatele

Scanned with OKEN Scanner

cercetărilor desfăşurate în România permit aprecierea că pierderile de recoltă determinate de procesul de eroziune sunt de circa 10 % pe terenurile slab erodate, de peste 25 % pe cele cu eroziune moderată şi puternică şi mai mari de 50 % pe suprafeţele foarte puternic erodate şi cu eroziune excesivă.

Tabelul 4.29

Rezerva medie de apă utilă (m^3/ha) la desprimăvărare pe două tipuri de sol şi grade de eroziune pe adâncimea de 0 - 100 cm (după *Neamţu T.*, 1996)

Cultura	Cernoziom cambic		Cenuşiu de pădure	
	Gradul de eroziune			
	slabă	puternică	slabă	puternică
Grâu de toamnă	1100	682	813	486
Arătură de toamnă (25 cm)	1350	805	990	605
Ierburi perene, vechi	1235	909	972	628
Media (m^3/ha)	1228	799	925	573
Media (%)	100	65,1	100	61,9

Aducerea la suprafaţă prin eroziune a orizonturilor inferioare - de regulă mai compacte - determină, între altele, majorarea consumului de energie pentru efectuarea lucrărilor solului şi uzura prematură a agregatelor de maşini iar prezenţa ogaşelor şi a ravenelor generează dificultăţi privind lucrările agrotehnice pe suprafaţa dintre aceste forme ale eroziunii în adâncime şi grevează semnificativ transportul recoltei (*Savu P.* şi colab., 2002).

Fiind mai uscate şi mai puţin fertile, solurile erodate nu pot asigura condiţii bune pentru dezvoltarea unui covor vegetal capabil să intercepteze şi să retină apa din precipitaţii şi, la producerea ploilor mari, reţeaua hidrografică este abundent alimentată de scurgeri cu turbiditatea ridicată, contribuind astfel la producerea inundaţiilor, la colmatarea terenurilor agricole joase, a lacurilor de acumulare, căilor de comunicaţie etc.

4.5 Alunecările de teren şi condiţiile de apariţie

Aceste fenomene se produc pe versante şi constau în deplasarea unor mase de pământ situate pe straturi de argilă înmuiată de apa de infiltraţie, sub acţiunea gravitaţiei (fig. 4.14).

Suprafaţa de desprindere sau râpa de desprindere apare la declanşarea alunecării şi fisurarea terenului şi, de obicei, are formă circulară, rectilinie sau în ghirlandă şi o înclinare mare.

Suprafaţa de alunecare desparte masa de teren care alunecă de cea care rămâne pe loc şi ea începe de la linia de desprindere şi iese fie pe versant, fie la poalele acestuia, determinând ştrangularea sau barând valea respectivă. Declanşarea şi desfăşurarea procesului de alunecare poate dura câteva clipe sau săptămâni şi luni (tab. 4.30).

Scanned with OKEN Scanner

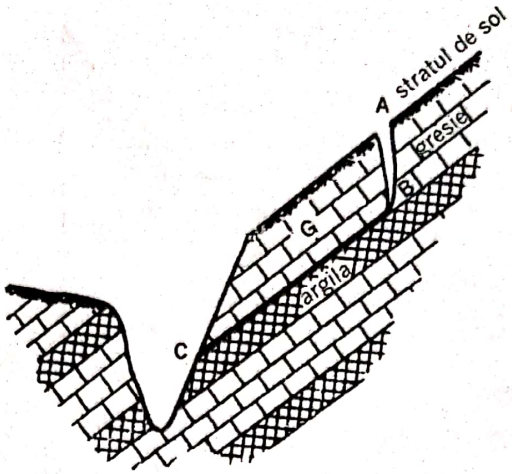


Fig. 4. 14 Părţile componente ale unei alunecări (după *C. Traci* şi colab., 1966)
AB - linia sau suprafaţa de desprindere;
BC - suprafaţa de alunecare; G - masa alunecătoare

Tabelul 4.30

Clasele de viteză pentru alunecări (după *Dikau R.* et al., 1996, citat de *Ioniţă I.*, 2000)

Clasele vechi (*Varnes*, 1978)	Clasele noi (*The International Geotechnical Societies, UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, WPWLI*, 1994)			
Viteza	Clasa de viteză	Limita de viteză	Descrierea vitezei	Natura impactului
> 3 m/s	7	5 m/s	Extrem de rapidă	Catastrofă de mare violenţă, clădirile expuse sunt distruse total şi populaţia ucisă de impactul materialului deplasat.
0,3 m/min	6	3 m/min	Foarte rapidă	Vieţi pierdute deoarece viteza alunecării este prea mare ca să permită tuturor oamenilor să scape; distrugeri majore.
1,5 m/zi	5	1,8 m/zi	Rapidă	Scăparea şi evacuarea sunt posibile; construcţii, proprietăţi şi echipamente distruse de masa dislocată.
1,5 m/lună	4	1,3 m/lună	Moderată	Construcţiile puţin sensibile pot fi păstrate dacă sunt situate la distanţe scurte în faţa vârfului masei deplasate; construcţiile situate pe masa dislocată sunt grav avariate.
1,5 m/an	3	1,6 m/an	Lentă	Drumurile şi construcţiile puţin sensibile pot fi menţinute cu ample şi frecvente lucrări de întreţinere.
0,06 m/an	2	0,016 m/an	Foarte lentă	Unele construcţii permanente nu sunt avariate sau dacă sunt crăpate prin mişcare, ele pot fi reparate.
	1		Extrem de lentă	Nici o stricăciune la construcţiile executate cu precauţie.

Scanned with OKEN Scanner

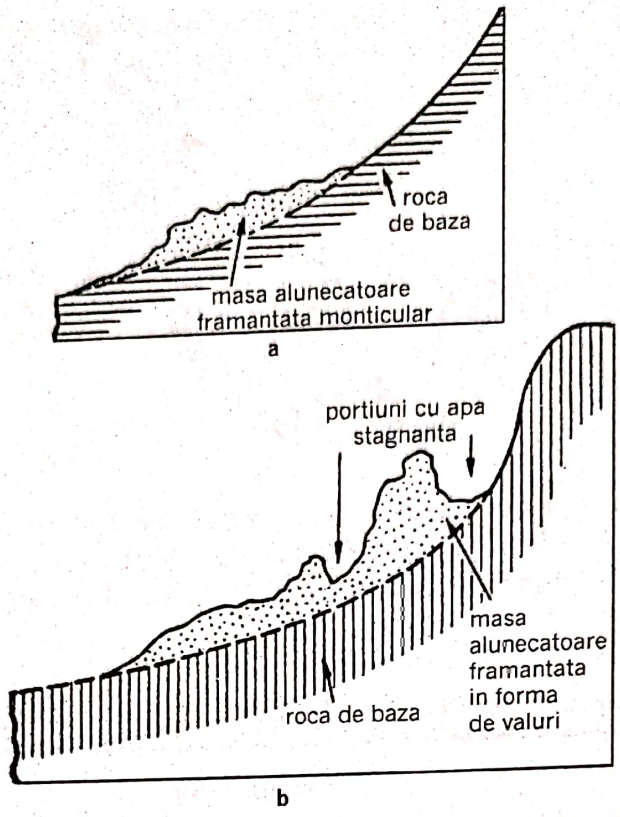


Fig. 4.15 Aspecte de terenuri frământate în urma alunecărilor (după *Traci C.* şi colab., 1966)
A - terenuri frământate monticular; B - terenuri frământate în formă de valuri

Masa de pământ alunecată îşi poate păstra integritatea structurală sau este frământată şi se prezintă sub formă de monticuli (movile) sau valuri (fig. 4.15).

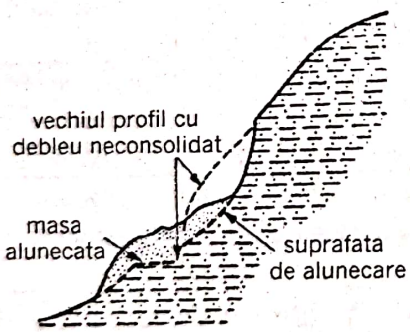


Fig. 4.16 Alunecări în roci nestratificate (după *Traci C.* şi colab., 1966)

Alunecările de teren sunt influenţate de prezenţa unor roci microgranulare bogate în coloizi, cum sunt argilele şi marnele. Rocile pe care se produce alunecarea pot fi nestratificate (fig. 4.16) sau stratificate şi cu straturile orientate în diferite poziţii faţă de versant (fig. 4.17).

Apa provenită din precipitaţii abundente, topirea zăpezii, infiltraţii din canale etc poate declanşa procese de alunecare. Eroziunea fundului şi a malurilor formaţiunilor torenţiale îndepărtează mase de pământ care servesc ca sprijin pentru terenul expus alunecării. *Pujină D.* (1997) arată că în Podişul Bârladului, versantele cu lungimea mai mare de 800 m şi panta peste 10 % sunt foarte susceptibile la alunecare. Încărcarea terenurilor înclinate cu construcţii grele precum şi trepidaţiile, vibraţiile şi, în special, cutremurele de pământ grăbesc declanşarea alunecărilor de teren. Plantaţiile de pomi şi pădurile, în special, protejează foarte bine terenul prin masa bogată de rădăcini, interceptarea apei din precipitaţii şi reducerea cantităţii de apă care se infiltrează în sol.

Scanned with OKEN Scanner

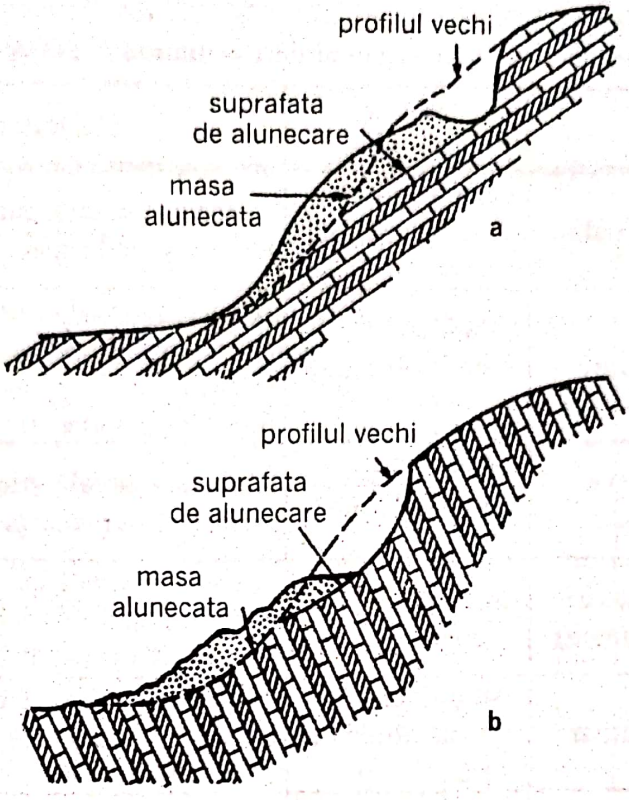


Fig. 4.17 Alunecări în roci stratificate (după *Traci C.* şi colab., 1966)

4.5.1 Clasificarea alunecărilor de teren

Literatura de specialitate cuprinde clasificări ale alunecărilor de teren făcute după diferite criterii (structura versantului, adâncimea patului de alunecare etc). Luând în considerație forma reliefului care rezultă în urma alunecării se pot distinge: alunecări în brazde, în valuri, în trepte etc (tab. 4.31).

Alunecările în brazde au adâncimea până la 1 m, aspect de brazde neregulate şi afectează numai o parte din profilul solului.

Alunecările lenticulare au adâncimea până la 5 m iar râpa de desprindere din partea superioară este urmată de un masiv sub formă bombată, ca o lentilă. Acest tip de alunecări este foarte răspândit.

Alunecările în movile ajung până la adâncimea de 20 m şi se prezintă sub forma unor ridicături cu contur circular sau oval, cu denivelări adânci, în care se poate acumula apă.

Alunecările în pseudoterase sau *trepte* afectează suprafețe mari de teren şi ajung până la 20 - 30 m adâncime. Se produc pe versantele cu panta mare şi, adesea, nu modifică structura masivelor de alunecare.

Alunecările curgătoare iau naştere la înmuierea în mare parte a masivului alunecător, care devine mai lung decât lat şi uşor bombat în partea centrală.

Alunecările surpări apar datorită eroziunii de la baza versantului, când se produce căderea maselor de teren rămase fără suport (fig. 4.18). Odată cu alunecarea se produc numeroase trepte şi crăpături.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.31

Caracteristicile alunecărilor de teren (adaptat de *Voiculescu N.*, 1999, după *I.C.P.A.*, 1987)

Tip	Grad de stabilitate	Caracterizare
Alunecări în brazde	- stabilizate - semistabilizate - active	Alunecare areală, superficială, terenul având aspect de brazde
Alunecări în valuri	- stabilizate - semistabilizate - active	Alunecare areală, superficială, terenul având aspectul ondulat, valurile fiind perpendiculare pe direcția de alunecare
Alunecări în trepte (pseudoterase)	- stabilizate - semistabilizate - active	Alunecare areală, profundă, cu aspect de trepte largi
Alunecări cu movile (monticuli şi glimee)	- semistabilizate - active	Alunecare areală cu individualizarea unor inflexiuni de relief pozitive (monticuli) şi negative (glimee)
Alunecări curgătoare	- stabilizate - semistabilizate - active	Alunecare liniară în care materialul curge ca o masă vâscoasă sub forma unei limbi
Prăbuşiri de mal	- stabilizate - semistabilizate - active	Desprinderea şi prăbuşirea unui strat deasupra unei linii de ruptură

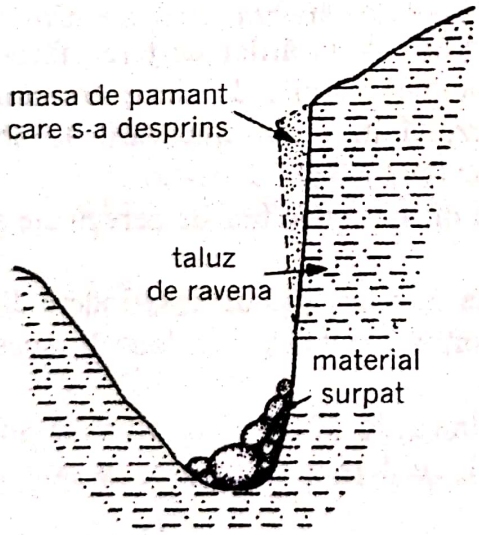


Fig. 4.18 Terenuri cu fenomene de surpare (după C. *Traci* şi colab., 1966)

Alunecările de teren sunt fenomene deosebit de complexe iar prevenirea şi combaterea este dificilă. Trebuie să se întocmească studii privind caracterizarea geomorfologică a terenului, condițiile climatice, hidrologice, hidrogeologice, pedologice precum şi situația social-economică a zonei respective. Se urmăreşte îndepărtarea cauzelor care determină declanşarea alunecărilor, luând în considerație tipul dominant de alunecare din zonă. Măsurile posibil de aplicat se pot grupa în două categorii (*Băloi V.*, 1986):

- ✓ pentru reducerea forțelor motrice ale alunecărilor;
- ✓ pentru mărirea rezistenței pământului expus la alunecare.

Din prima categorie de măsuri fac parte: interzicerea amplasării diferitelor categorii de construcții pe astfel de terenuri, dirijarea apelor de suprafață în alte direcții, interzicerea circulației vehiculelor grele pe aceste terenuri, valorificarea covorului ierbos ca fâneață şi nu prin păşunat, evitarea lucrărilor de aducțiune a

Scanned with OKEN Scanner

apei şi eventualelor pierderi de apă pe terenurile respective, amenajarea unor elemente de sprijin la baza versantului.

Tabelul 4.32

Suprafeţe de terenuri afectate de alunecări active în România (ha)
(după *Teaci D.*, 1979)

Nr. crt.	Judeţul	Total din care:	Arabil	Păşuni	Fâneţe	Vii	Livezi
Total		242.162	91.414	72.974	24.137	7.029	16.882
1	Alba	8.891	4.936	2.570	547	260	59
2	Arad	358	168	131	27	13	1
3	Argeş	8.427	2.531	1.870	1.251	231	2.476
4	Bacău	8.964	2.556	3.994	1.026	173	217
5	Bihor	2.989	1.133	797	262	243	382
6	Bistriţa	3.784	1.946	872	438	79	184
7	Botoşani	18.675	8.223	6.901	703	196	381
8	Braşov	2.626	916	987	320	-	56
9	Buzău	5.236	602	1.419	1.829	65	1.133
10	Caraş Severin	889	631	123	37	6	65
11	Cluj	5.557	2.832	1.427	550	52	296
12	Dâmboviţa	6.297	2.319	1.479	1.286	27	1.047
13	Dolj	11.420	7.699	1.632	229	670	579
14	Galaţi	46	4	25	-	-	-
15	Gorj	10.308	3.306	4.467	1.188	284	717
16	Harghita	614	243	117	209	1	13
17	Hunedoara	1.263	302	541	364	4	32
18	Iaşi	22.652	8.430	9.698	833	996	679
19	Maramureş	1.803	553	307	811	21	40
20	Mehedinţi	1.416	805	373	50	43	65
21	Mureş	21.838	10.543	5.825	1.928	745	841
22	Neamţ	7.544	1.785	3.325	1.674	29	159
23	Olt	2.396	1.609	307	-	189	202
24	Prahova	4.957	305	2.030	901	136	1.276
25	Satu Mare	3.658	1.908	724	256	215	289
26	Sălaj	9.404	3.686	2.643	1.388	202	862
27	Sibiu	376	198	134	21	2	3
28	Suceava	24.141	7.348	4.739	1.966	8	546
29	Teleorman	115	78	-	-	15	7
30	Timiş	250	67	150	-	-	30
31	Vaslui	22.706	7.797	6.424	270	1.115	743
32	Vâlcea	16.145	4.499	4.849	1.878	933	3.273
33	Vrancea	6.417	1.456	2.094	1.955	76	229

Cea de a doua categorie de măsuri se referă la amplasarea pe terenurile cu potenţial de alunecare a culturilor mari consumatoare de apă, aplicarea unei

Scanned with OKEN Scanner

agrotehnici adecvate, captarea izvoarelor de coastă din perimetrul alunecător, amenajarea ravenelor cu rol drenant, construcția canalelor de coastă și drenurilor, excluderea de la terasare a acestor terenuri, colectarea și evacuarea apei din depresiunile închise etc.

În România, alunecările active de teren se întâlnesc pe o suprafață de circa 242.162 ha (v. cap. 2 și fig. 2.2). Județele cu cele mai mari suprafețe de teren afectate de alunecări sunt: Suceava, Vaslui, Mureș, Iași ș. a. (tab. 4.32).

4.6. Particularitățile culturii plantelor pe versante

Valorificarea rațională a terenurilor înclinate presupune organizarea atierozională a teritoriului, alegerea adecvată a plantelor de cultură și introducerea acestora în rotații raționale.

4.6.1 Organizarea teritoriului și rotația culturilor

Prin organizarea antierozională a teritoriului se stabilește cel mai potrivit mod de folosință a terenului pentru apărarea lui împotriva eroziunii, ameliorarea suprafețelor degradate și valorificarea maximă a condițiilor naturale și a forței de muncă. Pentru buna protecție a solului trebuie să se țină seama că suprafețele acoperite de vegetație, bine încheiată, ierboasă sau lemnoasă sunt cel mai puțin expuse eroziunii, desțelenirea sau defrișarea acestor terenuri declanșând procese erozionale.

Din păcate, în ultimele două decenii, pe cea mai mare parte a terenurilor agricole înclinate sistemele antierozionale de cultură au fost înlocuite cu executarea lucrărilor agrotehnice pe direcția deal-vale, prin aplicarea necorespunzătoare a Legii nr. 18/1991 și ca urmare, au fost deteriorate sau scoase din funcțiune amenajări antierozionale speciale executate anterior, s-a intensificat procesul de eroziune și se degradează insidios potențialul de producție al solului și calitatea mediului înconjurător.

Amenajările antierozionale de pe suprafețele agricole înclinate care n-au făcut obiectul Legii fondului funciar sau de pe terenurile unde punerea în posesie s-a făcut judicios, construcțiile hidrotehnice de pe ravene și văile torențiale precum și plantațiile silvice de protecție antierozională au, în general, starea fizica bună și exprimă o eficiență tehnică ridicată, ceea ce atestă că au fost proiectate rațional, executate corect și întreținute corespunzător.

Pentru promovarea agriculturii durabile, păstrarea și îmbunătățirea patrimoniului peisagistic agricol și agroturistic din zona colinară este urgentă legiferarea gospodăririi judicioase a terenurilor agricole și reabilitarea celor degradate, în primul rând pe suprafețele înclinate unde actuala structura de proprietate permite echiparea versantelor cu amenajări antierozionale.

Întrucât forța de muncă este insuficientă în cele mai multe așezări rurale din zona colinară iar posibilitățile materiale ale micilor proprietari de terenuri sunt precare este rațională reglementarea prin lege a cadrului favorabil apariției fermelor mijlocii și mari, care oferă condiții propice aplicării agrotehnicii antierozionale dar și de activitate agricolă profitabilă.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru inițierea și intensificarea procesului de refacere și modernizare a agriculturii pe terenurile înclinate și de ridicare a standardelor vieții în zona colinară sunt oportune: stimularea materiala a specialiștilor agricoli pentru a lucra în domeniul pregătirii profesionale, aplicarea cu persuasiune a unei politici de educare a populației în spiritul respectului pentru calitatea solului, a apei și a mediului ambiant în general, precum și acordarea legala de facilități exploatațiilor agricole care folosesc tehnologii de protecție antierozională.

Pentru întocmirea proiectului de organizare a teritoriului trebuie să se efectueze, în prealabil, studii topografice, geomorfologice, floristice, climatologice, pedologice ș.a.

Studiile topografice se realizează pe planuri de situație redactate la scara 1:10.000 sau 1:5.000, cu echidistanța curbelor de nivel de 5 sau 10 m, pe care se notează modul de folosire a terenului, drumurile, construcțiile existente, ogașele, ravenele, izvoarele de coastă etc.

Studiile geomorfologice se referă la densitatea rețelei hidrografice, panta, forma, lungimea și expoziția versanților etc.

Tabelul 4.33

Clasificarea solurilor de pe versante supuse procesului de eroziune în suprafață (după *Luca Al.*, 1971)

Clasa	Eroziune	Criterii pentru stabilirea clasei pe grupe de soluri din zona de:		
		stepă	silvostepă	pădure
0	Neapreciabilă	Profile slab diferențiate față de cele de pe platou		
1	Moderată	S-a erodat până la 50 % din orizontul A		
2	Puternică	a) La solul bălan s-a erodat 50 - 100 % din orizontul A sau orizontul A/C b) La cernoziomul castaniu deschis s-a erodat 50 - 100 % din orizontul A sau 50 % din A/C c) La cernoziomul castaniu s-a erodat 50 - 100 % din orizontul A d) La cernoziomul castaniu carbonatic s-a erodat 100 % din orizontul A sau 50 % din oizontul A/C	S-a erodat 50 - 100 % din orizontul A și până la 100 % din A/B	S-a erodat 50 - 100% din orizontul A și până la 100 % din orizontul A/B
3	Foarte puternică	a) La solul bălan s-a erodat parțial sau total orizontul C b) La cernoziomul castaniu deschis s-a erodat 50 - 100 % din orizontul A/C sau C c) La cernoziomul casta.niu s-a erodat orizontul A/C sau C d) La cernoziomul casta-niu carbonatic s-a erodat 50 - 100% din orizontul A/C sau orizontul C	S-au erodat parțial sau total orizonturile B sau C	S-a erodat parțial sau total orizontul B
4	Excesivă	-	-	S-a erodat parțial sau total orizontul C

Scanned with OKEN Scanner

Studiile pedologice cuprind date referitoare la conținutul în humus al solului, structură, textură, pH, precum şi gradul de eroziune a solului şi lucrările antierozionale necesare. La clasificarea solurilor supuse eroziunii de suprafață se disting patru clase (tab. 4.33).

Studiul vegetației trebuie să ofere indicii asupra ariei de răspândire a diferitelor specii de plante precum şi gradului de acoperire a suprafeței versantelor.

Studiul climatic include referiri asupra temperaturii aerului (valori minime, maxime şi medii lunare şi anuale), dinamicii dominante maselor de aer, regimului pluviometric, exprimat prin mediile lunare şi anuale ale precipitațiilor pe o perioadă cât mai lungă de timp, intensitatea ploilor torențiale, sezonul critic de eroziune.

Studiile hidrologice se referă la coeficienții de scurgere, volumele maxime probabile, debitele solide etc.

După efectuarea tuturor acestor studii se întocmeşte proiectul de organizare a teritoriului, stabilindu-se pentru început categoriile de folosință ale terenului, respectându-se următoarele principii:

- ✓ menținerea sau sporirea suprafeței arabile;
- ✓ modernizarea şi eventual extinderea plantațiilor viti-pomicole în bazinele consacrate;
- ✓ înlocuirea pajiştilor îmbătrânite şi degradate cu altele, cultivate, care pot proteja bine solul împotriva eroziunii şi asigură producții mari de ierburi;
- ✓ valorificarea terenurilor mlăştinoase, sărăturate etc, prin amenajări piscicole;
- ✓ împădurirea terenurilor degradate care nu pot fi utilizate în scop agricol.

Delimitarea şi amplasarea unităților teritoriale de lucru în cuprinsul fiecărei categorii de folosință, proiectarea rețelei de circulație sunt elemente componente ale organizării teritoriului care asigură folosirea eficientă a suprafețelor agricole înclinate. În figura 4.19 se prezintă schema unui plan de organizare a teritoriului într-o zonă viti-pomicolă. O atenție deosebită se acordă lucrărilor de combatere a eroziunii solului, menționate în tabelul 4.34, precum şi regularizării cursurilor de apă, amenajărilor de irigații, îndiguiri, desecări etc. Drumurile principale se vor amplasa pe traseele cele mai favorabile, adesea pe culmea dealurilor, în scopul prelungirii perioadei de folosire şi creşterii vitezei de circulație. Drumurile secundare de exploatare delimitează unitățile teritoriale de lucru şi se amplasează la distanțe potrivite, în funcție de panta terenului, lungimea versantului şi volumul transporturilor.

Pe terenul arabil se face delimitarea solelor pe fiecare versant din cuprinsul bazinului hidrografic, stabilindu-se dimensiunile şi orientarea acestora, amplasarea perdelelor antierozionale şi proiectarea lucrărilor ameliorative pentru limitarea procesului erozional la valori tolerabile. Solele trebuie să aibă, pe cât posibil, formă dreptunghiulară sau trapezoidală, cu latura lungă pe direcția generală a curbelor de nivel. În situația în care nu este posibil să se obțină sole egale ca mărime, se admit abateri de 5 % în cazul culturilor intensive, 7 % la culturile de cereale şi 10 % pe terenuri cu fertilitatea solului neuniformă. Pe terenurile frământate, solele pot cuprinde diferitele forme de relief şi în acest caz se împart în unități teritoriale de lucru astfel ca lucrările solului să se poată efectua tot pe direcția curbelor de nivel.

Scanned with OKEN Scanner

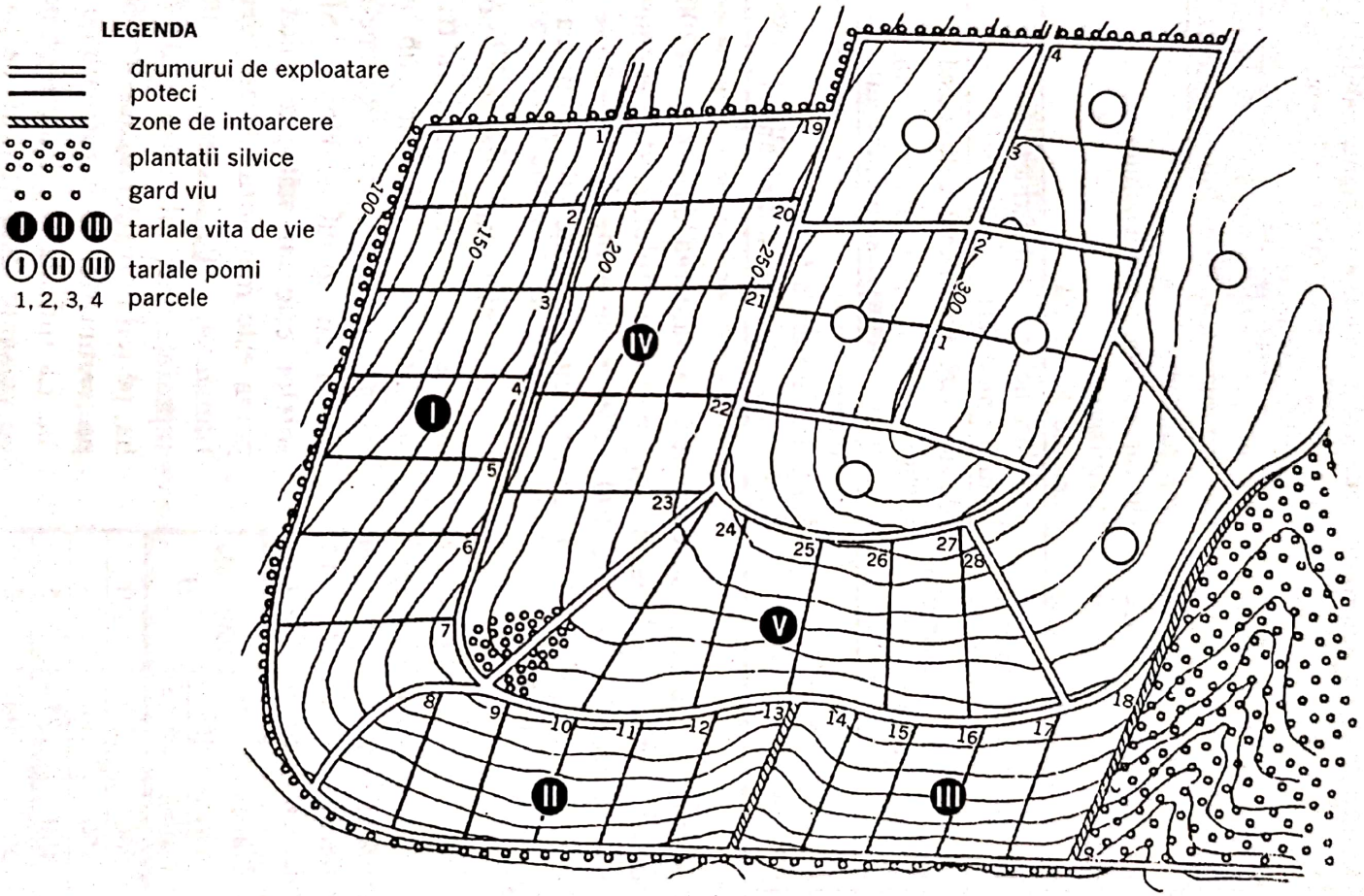


Fig. 4.19 Organizarea terenului plantațiilor viti-pomicole (după *Dîrja M.*, 2000)

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.34

Categorii de lucrări antierozionale (după *Dîrja M.*, 2000)

Nr.crt.	Categoria de lucrări	Cerințe, sol
1	Restructurarea categoriilor de folosință	să ofere protecție solului; repartizare optimă a terenului arabil și a celui destinat plantațiilor viti-pomicole, păşunilor, pădurilor.
2	Organizarea interioară a teritoriului	delimitarea unităților teritoriale de lucru; proiectarea rețelei de circulație agricolă.
3	Măsuri agrofitotehnice antierozionale	repartiția culturilor; lucrări de mobilizare a solului; fertilizare; sisteme de cultură.
4	Lucrări de terasamente	nivelări, neteziri, astupări terasări, taluzări modelări.
5	Rețeaua de regularizare a scurgerilor	de suprafață: valuri canale de coastă debușee; subterane: șanțuri deschise, drenuri
6	Lucrări pe rețeaua torențială	împăduriri; taluzări, terasări, astupări; lucrări de construcții hidrotehnice

Lungimea optimă a solelor se consideră la valoarea de 1000 - 1200 m iar lățimea se adoptă în funcție de lungimea şi panta versantului, Astfel, la pante de 5 - 10 % lățimea solei poate varia între 400 - 250 m, la pante de 10 - 20 % această dimensiune se reduce la 250 - 100 m iar pe pante de peste 20 % lățimea solei se recomandă să fie de 100 - 50 m.

Tabelul 4.35

Suprafața orientativă şi dimensiunile parcelelor destinate plantațiilor pomicole intensive în funcție de panta terenului (după *Mihai Gh.* şi colab., 1968)

Panta terenului (%)	Dimensiunile parcelei (m)		Suprafața (ha)
	lungime	lățime	
5 - 10	500	200	10
10 - 15	500	160	8
15 - 20	400	125	5
20 - 25	300	100	3
Peste 25	200	80	2

În interiorul fiecărei sole, se urmăreşte, pe cât posibil ca terenul să prezinte o uniformitate sub aspectul însuşirilor de fertilitate. Ravenele se pot planta cu specii lemnoase. Suprafața solelor este cu atât mai mică cu cât panta este mai abruptă sau terenul mai frământat. Pe versante uniforme suprafața unei sole poate fi de 70 - 100 ha, pe terenuri frământate 40 - 60 ha iar pe terenuri foarte frământate de 10 - 30 ha. La înființarea plantațiilor pomicole pe versante, este de dorit ca parcela să aibă forma dreptunghiulară, cu latura lungă pe direcția curbelor de nivel iar dimensiunile cu atât mai reduse cu cât panta terenului este mai mare (tab. 4.35).

Pentru a limita pierderile de sol, în cadrul fiecărei sole culturile pot fi însămânțate în fâşii, alternând prăşitoarele cu specii semănate în rânduri apropiate (fig. 4.20).

Scanned with OKEN Scanner

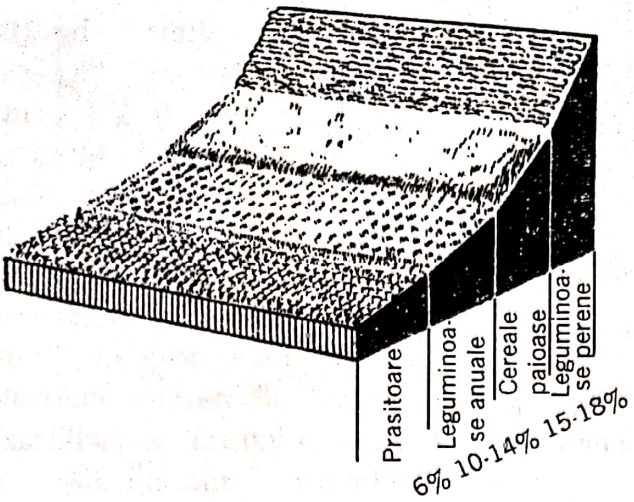


Fig. 4.20 Amplasarea culturilor în fâşii pe terenurile în pantă

Tabelul 4.36

Valori orientative ale lăţimii fâşiilor cultivate, în funcţie de panta şi rezistenţa solului la eroziune.

Panta	Lăţimea fâşiilor (m) pentru soluri cu erodabilitatea:		
	mica	mijlocie	mare
5 - 10	117 - 83	100 - 71	79 - 56
11 - 15	78 - 59	66 - 50	52 - 40
16 - 25	55 - 30	47 - 25	37 - 20

Acest mod de amplasare a culturilor pe terenurile în panta implică un volum de muncă suplimentar, de circa 8 % dar reducerea procesului de eroziune justifică adoptarea acestui sistem de cultură. Lăţimea fâşiilor cultivate scade odată cu creşterea pantei (tab. 4.36).

Cercetări efectuate la S.C.C.C.E.S. Perieni, jud. Vaslui, pe un versant lung de 120 - 160 m şi pe panta de 5 - 20 % au arătat că la cultura în fâşii a porumbului cu grâul cantitatea de sol erodat s-a redus, în funcţie de panta terenului şi caracteristicile ploii, cu 58,5 % - 79,8 % faţă de porumbul cultivat pe întregul versant (*Nistor D.* şi colab., 1979).

Dacă procesul erozional nu poate fi menţinut în limite tolerabile numai prin alternarea culturilor în fâşii, se poate recurge la sistemul de cultură cu benzi înierbate. Acesta constă în delimitarea fâşiilor cultivate, prin intermediul unei benzi însămânţate cu ierburi perene, orientate pe direcţia curbelor de nivel, al căror rol este de a filtra scurgerile şi de a retine, total sau parţial, particulele de sol. Lăţimea benzilor variază de la 4 - 6 m în partea din amonte a versantului, 6 - 8 m în partea de mijloc, până la 8 - 10 m în treimea din aval. Pe versantele de forma concavă sau convexă amplasarea benzilor se face la distanţe variabile (fig. 4.21).

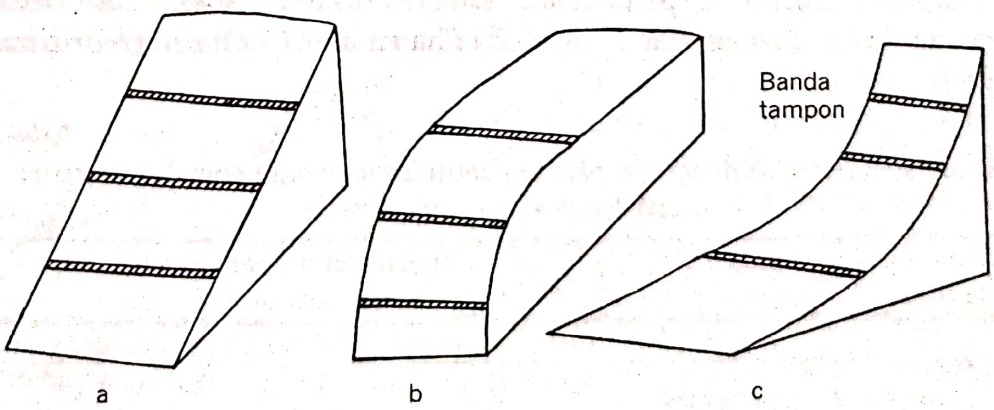


Fig. 4.21 Amplasarea benzilor tampon pe versante
a - cu profil drept; b - cu profil convex; c - cu profil concav

Scanned with OKEN Scanner

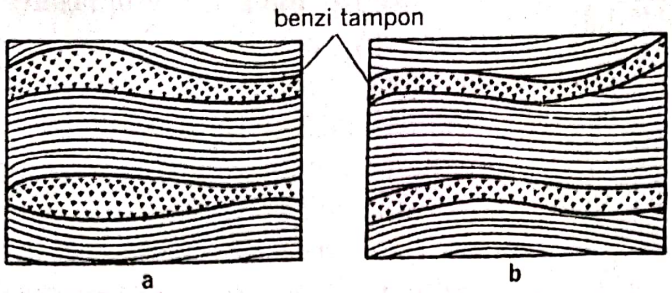


Fig. 4.22 Sistemul de cultură cu benzi înierbate (benzi tampon)
a - cu lățimea variabilă și distanță constantă între ele
b - cu lățimea constantă și distanță variabilă între ele

Distanta dintre benzile înierbate (lățimea fâșiilor) variază în funcție de panta terenului, astfel: 150 - 60 m pe pante de 4 - 10 % ; 60 - 30 m pe pante de 10 - 15 %; 30 - 20 m pe pante de 15 - 25 %. Se preferă benzile cu lățime variabilă care, asigură lățimi constante ale fâșiilor cultivate (fig. 4.22) întrucât se facilitează efectuarea mecanizată a lucrărilor agricole. Depărtarea între benzile înierbate variază și după profilul versantului. Pentru înierbarea benzilor se folosesc diferite specii de leguminoase și graminee perene care vegetează bine în zona respectivă. Se poate însămânța lucerna, sparceta, trifoiul, obsiga, golomățul, etc. *Popa A.* și colab. (1984) recomandă pentru înierbarea benzilor speciile menționate în tabelul (tab. 4.37). Când plantele de pe suprafața benzilor se răresc, se înființează alte benzi în amonte sau în aval pe versant și se desființează cele vechi. În locul plantelor perene se pot folosi și plante anuale cum ar fi măzărichea și ovăzul (borceagul). În urma amenajării benzilor înierbate în zona deluroasă a Transilvaniei, coeficientul de scurgere a scăzut de 2 - 3 ori iar pierderile de sol s-au redus cu 85 %. *Popa A.* (1981) constată că pe un teren cu panta de 20 - 25 % amenajat cu benzi înierbate, la S.C.C.C.E.S. Perieni, s-a obținut un spor de recolta de 8,2 -23,1 % la grâu și de 13,7 - 24,6 % la porumb. La plantele pomicole, aceste benzi înierbate se pot înființa pe fiecare interval dintre rândurile de pomi sau pe pante mai mici la fiecare al doilea interval. În zonele cu umiditate suficientă și cu panta mare și variabilă se recurge la o înțelenire totală a versantului, lăsându-se ca ogor negru numai o arie circulară pentru fiecare pom, cu raza de 3 - 4 m. Pe intervalele dintre rândurile de pomi sau viță de vie, care nu sunt înierbate, se pot cultiva plante pentru îngrășământ verde sau fasole, mazăre, cartof etc. La S.C.P. Fălticeni, într-o livadă de meri situată pe un versant cu panta de 12 %, benzile înierbate înființate pe fiecare interval dintre rânduri au determinat reducerea cantității de sol erodat de la 16,20 t/ha·an la 0,25 t/ha·an (*Moroşanu V.* și colab. 1984).

Tabelul 4.37

Specii și amestecuri de ierburi perene pentru însămânțatul benzilor înierbate (după *Popa A.* și colab., 1980)

Precipitațiile medii anuale (mm)	Intensitatea eroziunii solului	Speciile și proporțiile acestora în amestecurile formate
< 500	moderată	Lucernă (60 %) + golomăț, ovăscior sau pir (40 %)
	puternică	Sparcetă (60 %) + obsigă nearistată (40 %) sau sparcetă, ghizdei (60 %) + obsigă nearistată (40 %)
> 500	moderată	Sparcetă (60 %) + golomăț (40 %)
	puternică	Sparcetă (60%) + obsigă nearistată (40%)

Scanned with OKEN Scanner

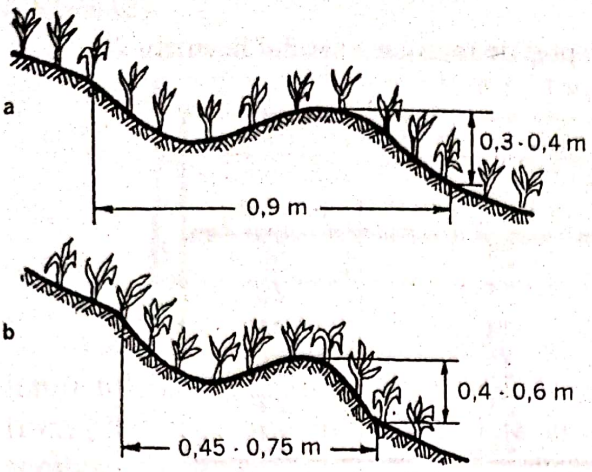


Fig. 4.23 Valuri de pământ
a - cu baza largă; b - cu baza îngustă

Pe terenurile cu panta până la 15 % se pot amenaja valuri de pământ, care interceptează apa de scurgere şi determină înfiltrarea ei în sol. Acestea, sunt coame de pământ prevăzute în amonte cu un şanţ, având baza largă (6 - 10 m), când panta terenului nu depăşeşte 10% sau baza îngusta (4 - 6 m) când panta este mai mare (fig. 4.23)

Pe versante din zona Câmpia Turzii, unde s-au amenajat valuri de pământ, producţia agricolă a sporit cu circa 10 % iar eroziunea solului s-a redus (*V. Băloiu*, 1967). Valurile de pământ care urmăresc curba de nivel poartă şi numele de valuri de nivel iar atunci când au o pantă longitudinală se mai numesc şi valuri înclinate. Valurile de pământ se amenajează în zonele secetoase, pe terenuri fără pericol de alunecări şi cu permeabilitate bună, pentru ca apa să nu bălţească la suprafaţă. Distanţa între valuri variază după mărimea pantei şi rezistenţa solului la eroziune (tab. 4.38). Pe versante cu panta de 25 % şi cu suprafaţa mare de colectare a apei, unde se înfiinţează plantaţii de vii şi pomi, se pot amenaja canale de coastă care interceptează şi evacuează dirijat scurgerile de suprafaţă. Inconvenientul acestora constă însă în stânjenirea efectuării mecanizate a lucrărilor de întreţinere şi reducerea suprafeţei cultivabile. Nu se amenajează astfel de canale pe versantele cu potenţial de alunecare, cu soluri scheletice sau nisipoase, care nu asigură stabilitatea taluzurilor sau pe cele puternic fragmentate de ogaşe şi revene. Pe terenurile arabile cu pante cuprinse între 5 -18 %, se pot amenaja agroterase sau terase pe arabil (fig. 4.24). Pentru aceasta, se pot deschide şanţuri pe direcţia curbelor de nivel, aruncând pământul în amonte, înierbând taluzul şi răsturnând brazda în aval la efectuarea arăturii, pe intervale dintre şanţuri. Acestea devin, în timp platforme aproape orizontale pe direcţia curbelor de nivel. Între terase rămân porţiuni de teren cu lăţime variabilă, în funcţie de mărimea pantei:

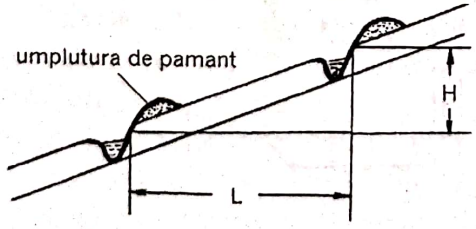


Fig. 4.24 schema de executare a agroteraselor prin sistemul *Morr* (după *Moţoc M.*)

- ✓ la pante de 15 - 20 % → 20 - 24 m;
- ✓ la pante de 20 - 25 % → 15 - 20 m;
- ✓ la pante de peste 25 % → 10 - 15 m.

Taluzurile acestor terase se însămânţează cu acelaşi amestec de ierburi ca şi benzile iar suprafaţa lor variază de la 4,0 la 18,85 % din suprafaţa versantului, în funcţie de lungimea şi panta terenului, textură etc (*Mihai Gh.* şi colab., 1968). Agroterasarea a determinat creşterea producţiei la grâu şi porumb cu 3,3 - 24,6 % (*Savu P.* şi colab., 2002) iar eroziunea s-a redus de la 17,2 la 3,8 t/ha (tab. 4.39).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.38

Distanța între valurile de pământ în raport de rezistența solului la eroziune (după *Băloiu V.*, 1967)

Panta terenului (%)	Distanța pe orizontală (m) în cazul solurilor:		
	slab rezistente la eroziune	mijlociu rezistente la eroziune	rezistente la eroziune
7	22	27	30
8	21	25	28
9	20	24	26
10	19	22	25
11	18	21	24
12	17	20	23

Tabelul 4.39

Modificarea pantei terenului prin agroterasare şi influența asupra eroziunii la Şomuz, jud. Suceava (după *Neculce S.*, citat de *Neamțu T.*, 1996)

Lungimea platformei	Panta (%)		Reducerea	
	inițială	după 3 arături	pantei (%)	Eroziunii (t/ha)
Neterasat	24 - 25	-	-	17,2
11 m	24 - 25	23	1 - 2	3,8
14 m	21 - 23	20 - 21	1 - 2	4,0
18 m	20 - 21	18 - 19	2	6,3
22 m	18 - 20	17 - 18	1 - 2	8,8

O formă intermediară între agroterase şi terasele propriu-zise sunt terasele banchetă care, se amenajează pe versante cu panta de 15 - 25 % (fig. 4.25 şi tab. 4.40). Terasele banchetă prezintă avantajul că scurtează perioada de terasare de la 8 - 10 ani în cazul agroteraselor, la numai 1 - 2 ani. Prin amenajarea teraselor banchetă producția a sporit de 3,3 ori la grâu şi de 4 ori la porumb, la Pocola, jud. Bihor (*Domuța C.* şi colab., 1990) iar eroziunea solului s-a redus de 1,4 ori până la de 22 ori (*Popa A.* şi colab., 1984).

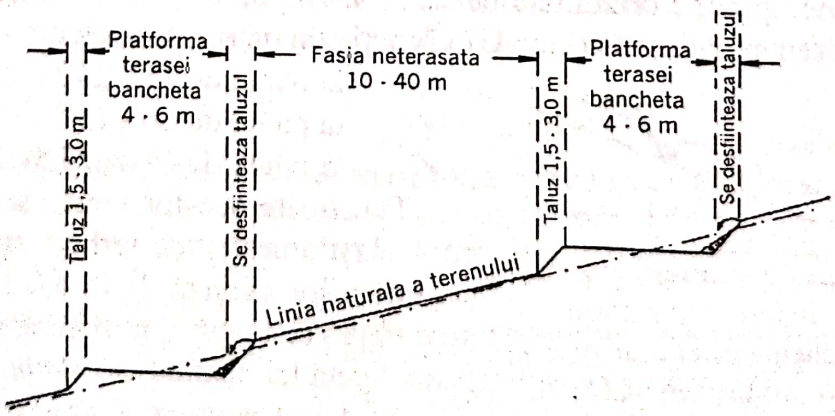


Fig. 4.25 Secțiune transversală printr-un versant echipat cu terase banchetă (după *Dîrja M.*, 2000)

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.40

Dimensiunile teraselor banchetă pe terenurile arabile (după *Moţoc M.*, 1975)

Panta terenului (%)	Lăţimea (m)		
	Platforme terasate	Fâşie naturală	Total
15 - 20	4 - 6	40 - 20	44 (46) - 24 (26)
20 - 25	4 - 6	20 - 15	44 (46) - 24 (26)
25 - 28	4 - 6	15 - 20	44 (46) - 24 (26)

Acolo unde măsurile prevăzute mai sus nu reuşesc să asigure menţinerea, în limite tolerabile, procesul erozional, se amenajează terase propriu-zise. Acestea pot fi cu platforma orizontală, înclinată în sensul pantei terenului sau în sens invers acesteia (fig. 4.26).

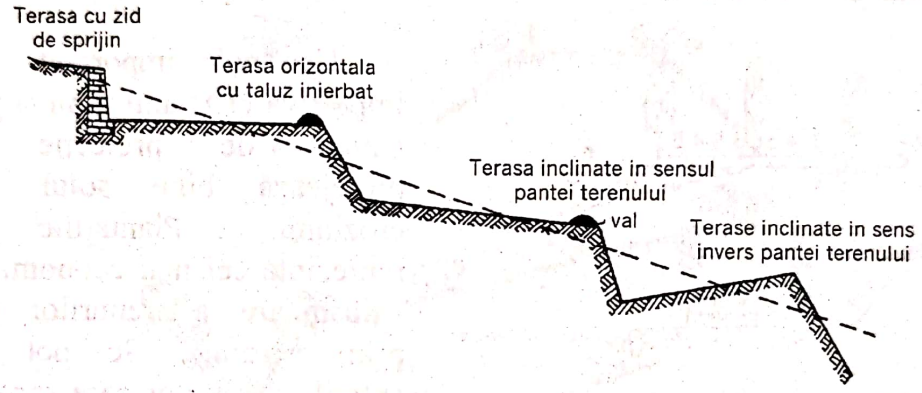


Fig. 4.26 Profil prin diferite tipuri de terase pe acelaşi versant (după *Băloiu V*, 1967)

Taluzul terasei poate fi înierbat sau consolidat cu zid de sprijin. Datorită costului ridicat al lucrărilor, se amenajează prin terasare versantele care urmează a fi plantate cu viţă de vie sau pomi fructiferi. Dimensiunile orientative ale teraselor sunt menţionate în tabelul 4.41 şi figura 4.27. Se recomandă ca terasele să fie amenajate pe soluri cu textură lutoasă sau luto-nisipoasă, cu permeabilitate bună, situate pe pante cuprinse între 15 % şi 40 %. În livezile de pe terenurile neuniforme, cu grad mare de frământare şi cu pante de peste 20 % se amenajează terase individuale cu platforma circulară, rectangulară sau în formă de potcoavă (fig. 4.28).

Evidenţele din ultimele decenii ale secolului trecut arată că circa 25,3 % din suprafaţa plantaţiilor pomicole erau situate pe terenuri în pantă fără pericol de eroziune, 17,2 % pe terenuri cu pericol redus de eroziune, 26,3 % pe versante cu pericol moderat de eroziune şi 5,3 % pe terenuri cu pericol accentuat de eroziune. Pe terenurile afectate de alunecări parţial stabilizate se aflau circa 15 % din plantaţiile pomicole. În general, producţia principalelor specii pomicole scade odată cu creşterea pantei terenului şi, de aceea, trebuie adoptate măsuri de protecţie a solului (*Teaci D.* şi colab., 1985). La înfiinţarea livezilor pe versante se stabileşte direcţia rândurilor de pomi pe curbele de nivel şi dacă urmează a se aplica irigarea prin brazde, panta longitudinală a terasei trebuie să fie egală cu panta maximă admisă în lungul brazdelor de udare (fig. 4.29).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.41

Dimensiunile orientative ale teraselor plantate cu viță de vie (după *Băloiu V*, 1967)

Panta terenului (%)	Distanța între rânduri (m)	Numărul de rânduri	Lățimea platformei (m)		Lățimea taluzului (m)	
			Pe orizontală	Pe teren înclinat	Pe orizontală	Pe teren înclinat
18 - 20	1,80	4	7,2	7,4	1,8	1,85
	1,60	4	6,4	6,6	1,6	1,65
20 - 28	1,80	3	5,4	5,6	1,8	1,85
	1,60	3	4,8	5,0	1,6	1,65
28 - 35	1,80	2	3,6	3,8	1,8	1,90
	1,60	2	3,2	3,4	1,8	1,90
35 - 40		1	2	2,2	1,8	2,00

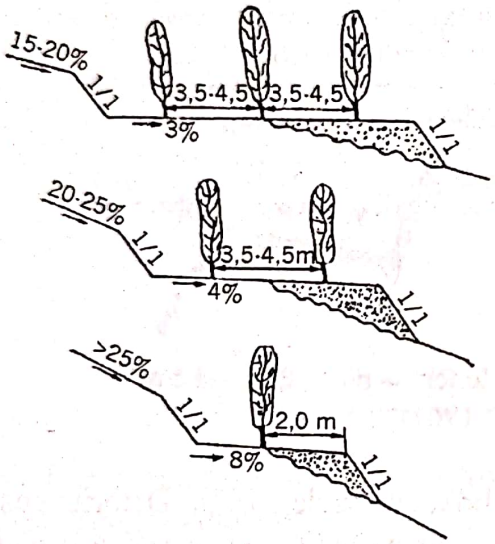


Fig. 4.27 Tipuri de terase continue în livezile intensive de pomi (după *Dîrja M.*, 2000)

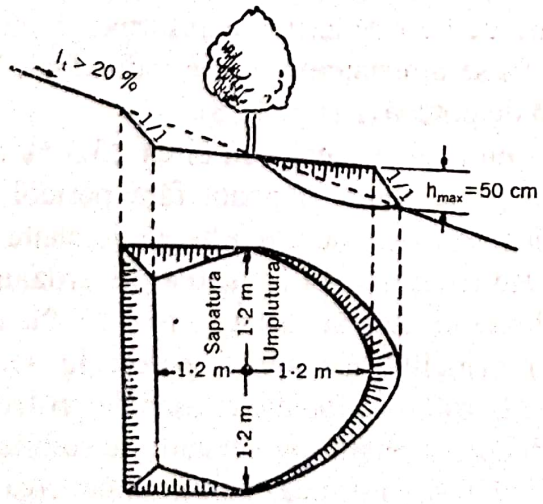


Fig. 4.28 Elemente constructive ale unei terase individuale (după *Băloiu V.*, 1965)

Un rol important în lupta împotriva eroziunii îl au şi plantațiile silvice de protecție. Acestea protejează bine solul împotriva eroziunii. Plantațiile silvice reprezintă cel mai economic mod de valorificare a trenurilor degradate prin eroziune. Se pot împăduri culmile dealurilor care separă bazine hidrografice vecine, formând aşa numitele perdele de cumpănă (*Băloiu V.*, 1965). Speciile silvice favorizează înfiltrarea în sol a apei provenite din precipitații şi reduc totodată viteza vântului, favorizând reținerea zăpezii iarna şi reducerea evapotranspirației vara.

Pentru prevenirea şi combaterea eroziunii pe terenurile cu pante mari, de peste 25 - 30 %, se pot planta pe direcția generală a curbelor de nivel perdele antierozionale, cu lățimea de 11 - 15 m la distanțe de 200 - 300 m (fig. 4.30), se pot împăduri malurile rețelei hidrografice precum şi cele ale ravenelor. Speciile de arbori şi arbuşti folosite pentru plantațiile silvice se aleg în funcție de condițiile pedoclimatice din zona respectivă (tab. 4.42).

Scanned with OKEN Scanner

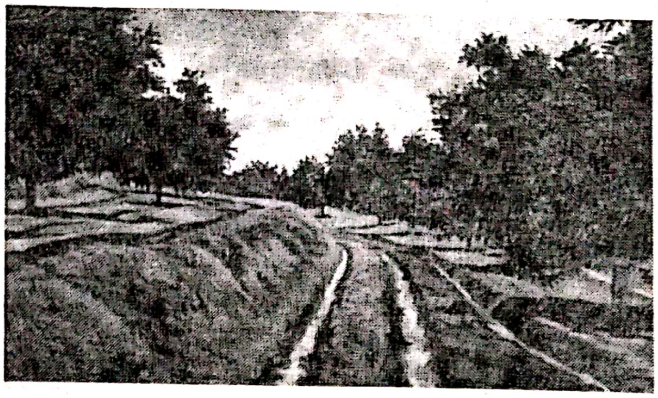


Fig. 4.29 Brazde de udare într-o plantație pe terase
(după *Grumeza N.* şi colab., 1979)

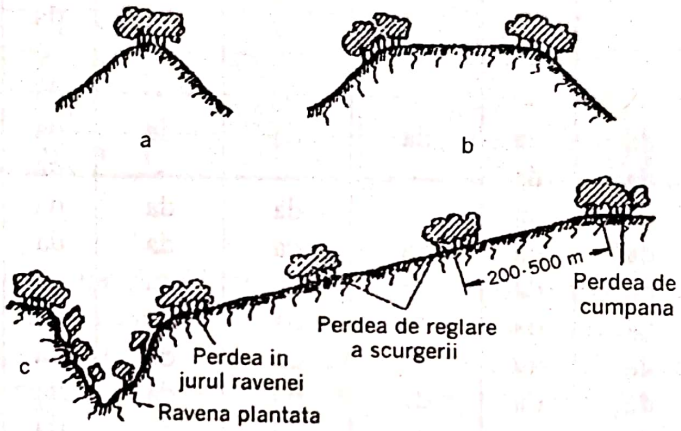


Fig. 4.30 Perdele de protecție antierozională
a - pe cumpănă îngustă; b - pe cumpănă largă; c - pe versant

La stabilirea structurii culturilor agricole pe terenurile în pantă se urmăreşte reducerea la minimum a eroziunii solului şi îmbunătățirea fertilității, în scopul obținerii de producții ridicate. Rotația adecvata a culturilor a redus la jumătate cantitatea de sol erodat față de monocultura de porumb pe un teren slab erodat cu panta de 12 % (tab. 4.43). Producția la porumbul cultivat în asolament la S.C.C.C.E.S. Perieni a fost cu 7 - 23 % mai mare decât în monocultură (*Nistor D.* şi colab., 1979). La grâul cultivat într-o rotație de 3 - 4 ani producția a sporit față de monocultură cu 37 - 44 % iar bilanțul energetic a crescut cu 75 - 76 % (*Popescu Ch.*, 1994).

Experiențele organizate în Moldova, au înregistrat sub diferite culturi, pierderile de apă, sol, humus şi elemente nutritive notate în tabelul 4.44. Se remarcă pierderile mari de humus şi elemente nutritive (*NPK*) înregistrate pe terenul lipsit de vegetație (ogor) care, depăşesc de 20 - 25 de ori pe cele care s-au produs sub ierburi anul II. Culturile de porumb şi floarea soarelui au înlesnit pierderi de apă, humus şi elemente nutritive de 2 - 5 ori mai mari decât cultura de grâu. Pe terenul amenajat cu lucrări antierozionale, pierderile de sol prin eroziune s-au redus de la 2,643 t/ha·an la 1,217 t/ha·an (tab. 4.45). Apa scursă pe versant

Scanned with OKEN Scanner

şi solul erodat au antrenat şi însemnate cantităţi de pesticide care au poluat terenul din aval (tab. 4.46).

Tabelul 4.42

Specii potrivite pentru împădurirea malurilor ravenelor (după *Mihai Gh.*, şi colab. 1961)

Specia	Moldova		Dobrogea		Muntenia şi Oltenia		Banat	Transilvania
	Tipul de sol							
	Uşor şi mijlociu	Greu	Format pe calcar	Uşor şi mijlociu	Uşor şi mijlociu	Greu		
Caprifoi tătărăsc	da	da	da	da	da	da	da	da
Cătină albă	nu	da	nu	nu	da	nu	nu	da
Cătină de grădină	da	nu	nu	da	nu	nu	-	-
Cer	-	-	-	-	-	da	da	da
Cireş	-	-	-	-	-	-	da	da
Corcoduş	-	-	-	-	-	da	da	da
Corn	da	da	da	da	da	da	da	da
Glădiţă	da	da	-	-	-	da	da	da
Lemn câinesc	da	da	-	da	da	da	da	da
Păducel	da	da	da	da	da	da	da	da
Arin negru	nu	da	da	nu	da	da	da	da
Porumbar	da	da	da	da	da	da	da	da
Salcâm	da	nu	nu	da	da	nu	nu	nu
Sălcioară	da	da	da	da	da	da	da	da
Scumpie	da	da	da	da	da	da	da	da
Stejar pufos	nu	da	nu	nu	nu	nu	da	nu
Cătină roşie	da	da	da	da	da	da	da	da
Vişin turcesc	da	nu	da	da	da	-	-	-

Tabelul 4.43

Pierderi medii de apă, humus şi elemente nutritive în monocultură şi la diferite rotaţii pe teren în pantă la S.C.A. Podu-Iloaiei 1975 - 1991 (după *Ailincăi C.* şi colab., 1992)

Rotaţia	Apa scursă m^3/ha	Sol erodat t/ha	Humus kg/ha	Azot în apa scursă kg/ha	Azot în solul erodat kg/ha	Fosfor kg/ha	Potasiu kg/ha
Monocultura - grâu	69,5	2,21	66,3	0,12	3,09	0,35	0,77
Monocultură porumb	169,0	12,14	361,3	1,02	16,99	1,96	4,25
Grâu - porumb	119,3	7,47	225,3	0,72	10,51	1,20	2,63
Mazăre - grâu - porumb	102,8	5,73	177,6	0,62	8,55	0,92	2,14
Mazăre - grâu - porumb - fl.-soarelui + o solă cu ierburi	96,0	5,75	178,3	0,58	8,29	0,95	2,08

Protecţia solului împotriva eroziunii depinde de gradul de acoperire cu vegetaţie. Astfel, în luna iunie când plantele sunt mai bine dezvoltate, pierderile de

Scanned with OKEN Scanner

sol reprezintă doar 46 % față de cele produse în luna mai (tab. 4.47). Cele mai mari pierderi de sol pe terenurile în panta se produc la ploile torențiale.

Tabelul 4. 44

Pierderile medii anuale de humus și elemente nutritive înregistrate la S.C.A. Podu-Iloaiei, jud. Iași, sub diferite culturi (1965 - 1996) (după *Ailincăi C.*, 1997)

Cultura	Humus (kg/ha)	N_t la apa scursă (kg/ha)	N_t la solul erodat (kg/ha)	N_{total} (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Mazăre	141,1	0,82	6,30	7,12	0,64	1,29
Grâu	86,4	0,76	3,86	4,62	0,39	0,79
Porumb	520,9	1,54	23,26	24,80	2,37	4,75
Floarea soarelui	543,0	1,61	24,25	25,86	2,47	4,95
Fasole	247,5	1,03	10,05	11,08	1,13	2,27
Ierburi an. I	126,2	0,77	5,06	5,83	0,58	1,15
Ierburi an. II	16,7	0,58	0,75	1,33	0,08	0,15
Ogor	598,4	1,72	23,17	24,89	2,73	5,45

Tabelul 4.45

Scurgerile de apă și sol înregistrate la precipitații medii de 508,1 mm, pe terenurile amenajate și neamenajate cu lucrări antierozional la S.C.A. Podu-Iloaiei, jud. Iași (1986-1996) (după *Ailincăi C.*, 1997)

Cultura	Precipitații care au determinat scurgeri (mm)	Scurgeri lichide (mm)	Coeficient scurgere	Turbiditate medie (g/1)	Eroziunea (t/ha·an)
A. Teren neamenajat					
Mazăre	345,6	6,704	0,019	21,09	1,414
Grâu	345,6	6,083	0,018	11,34	0,690
Porumb	345,6	9,946	0,029	54,57	5,428
Floarea-soarelui	345,6	10,180	0,030	57,34	5,837
Fasole	345,6	8,760	0,025;	45,43	3,980
Ierburi an I	345,6	6,618	0,019	14,32	0,948
Ierburi an II	345,6	4,384	0,013	4,69	0,206
Media	345,6	7,525	0,022	35,12	2,643
B. Teren amenajat cu lucrări antierozionale					
Mazăre	225,3	5,690	0,025	11,78	0,670
Grâu	225,3	4,155	0,018	8,57	0,356
Porumb	225.3	6,990	0,031	38,48	2,690
Floarea soarelui	225,3	7,430	0,033	40,62	3,018
Fasole	225,3	5,930	0,026	17,88	1,060
Ierburi an I	225,3	4,670	0,021	13,28	0,620
Ierburi an II	225,3	2,760	0,012	3,87	0,107
Media	225,3	5,375	0,024	22,64	1,217

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.46

Cantitatea de pesticide (HCH şi DDT) antrenată de apa scursă şi solul erodat la Aldeni - Buzău în anul 1987 (după *Ştefan V., Ene Al.*, 1993)

Pantă teren (%)	Cultura					
	Porumb	Ogor	Sfeclă pt. zahar	Sorg	Ierburi perene an I	Grâu
HCH în apa scursă (ppm)						
15	3,100	2,703	2,680	2,680	4,843	1,901
20	2,057	2,969	2,980	2,333	3,323	2,390
HCH în solul erodat (ppm)						
15	0,614	0,189	-	-	0,153	-
20	0,576	0,213	-	0,624	-	-
DDT în apa scursă (ppm)						
15	0,360	0,333	0,376	0,376	0,153	0,113
20	0,216	0,207	0,234	0,306	0,333	0,158
DDT în solul erodat (ppm)						
15	2,333	0,751	-	-	0,35	-
20	1,033	0,507	-	1,102	-	-

Tabelul 4. 47

Influenţa stării de dezvoltare a plantelor asupra scurgerii şi eroziunii (%)

Data ploii	Ierburi an I		Grâu		Mazăre		Porumb		Valori medii	
	apă	sol	apă	sol	apă	sol	apă	sol	apă	sol
12.V.1970	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13.VI.1970	127	67	41	76	33	13	110	30	77	46

Ţinând seama de protecţia pe care o asigură solului împotriva eroziunii, culturile de câmp se pot grupa în patru categorii:

- ✓ foarte bune protectoare - cu un grad de acoperire a solului de minimum 75 % (leguminoasele şi graminee perene începând din al doilea an de vegetaţie);
- ✓ bune protectoare - care acoperă solul în proporţie de 50 - 75 % (cereale păioase, leguminoase şi graminee perene în primul an de vegetaţie şi plantele furajere anuale);
- ✓ moderat protectoare - cu doar 25 - 50 % acoperire a solului (leguminoase anuale);
- ✓ slab protectoare - cu gradul de acoperire a solului sub 25 % (porumb, floarea soarelui, sfeclă pentru zahăr, cartof etc).

În Podişul Central Moldovenesc pierderile anuale de sol sub cele patru grupe de culturi au crescut de la 0,5 t/ha la 72,5 t/ha în funcţie de panta terenului (tab 4.48).

Solul este mai bine protejat contra eroziunii de către culturile dese, care realizează un grad mai ridicat de acoperire în cursul perioadei de vegetaţie. Prezintă importanţă gradul de acoperire a solului şi nu numai masa vegetativă a plantei (tab 4.49 şi fig. 4.31).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.48

Pierderile medii anuale de sol înregistrate în Podişul Central Moldovenesc (după *Gh. Sin* şi colab., 2000)

Grupa de culturi	Panta terenului			
	16 %		24 %	
	Sol erodat			
	t/ha	%	t/ha	%
Foarte bune protectoare	0,5	1,5	1,2	1,5
Bune protectoare	4,0	12,3	10,0	13,7
Medii protectoare	7,0	27,5	14,0	19,3
Slab protectoare	32,0	100,0	72,5	100,0

Tabelul 4.49

Influenţa vegetaţiei asupra apei reţinute în condiţiile aplicării unei udări prin aspersiune cu intensitatea de 1,3 mm/min, timp de 10 min (după *Dumitrescu N.* şi colab., 1982)

Cultura	Masa vegetativă (t/ha)	Gradul de acoperire (%)	Cantitatea de apă (mm)		
			căzută	scursă	reţinută
Mazăre	22,5	90 - 95	13	5,2	7,8
Grâu	17,5	65 - 70	13	7,2	5,8
Porumb	46,5	30	13	12,6	0,4

În condiţiile din ţara noastră, pe solurile cu rezistenţa mijlocie la eroziune se pot folosi asolamente asemănătoare cu cele utilizate pe terenurile plane până la panta de 14 - 15 %. Pe măsură ce panta creşte până la 24 - 25 %, este necesar să se reducă proporţia culturilor prăşitoare în favoarea celor dese (tab 4.50), importanţa având şi lungimea versantelor (tab. 4.51).

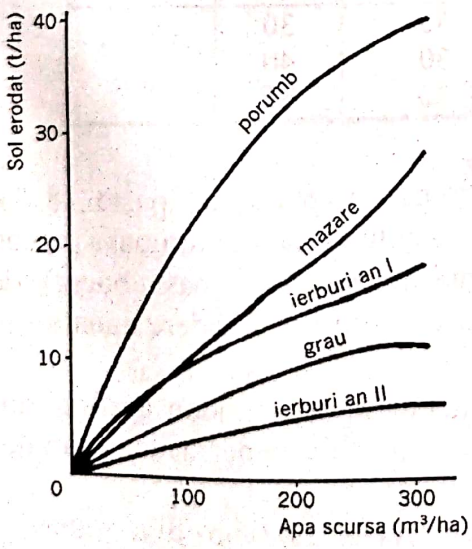


Fig. 4.31 Corelaţia între eroziune şi scurgere la diferite culturi

Pe terenurile în pantă se pot organiza asolamente de câmp (cereale, plante tehnice), asolamente mixte (plante tehnice şi furajere) sau asolamente de protecţie (plante furajere).

Asolamentele de câmp şi cele mixte pot cuprinde, în diferite proporţii, culturi prăşitoare şi culturi semănate în rânduri dese şi se pot organiza pe terenuri cu panta de până la 18 %, pe soluri slab sau mijlociu erodate. Aceste asolamente au rotaţii scurte, de 2 - 5 ani. Comparativ cu monocultura, rotaţia de 4 ani asociată cu fertilizarea a sporit recolta la grâu cu 54 % iar la porumb cu 41 %, în condiţiile de la S.C.A. Podu-Iloaiei, jud. Iaşi. Culturile intercalate, cum ar fi porumbul şi fasolea, contribuie la frânarea eroziunii.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.50

Structura culturilor în funcție de panta terenului

Culturi	Panta terenului (%)			
	> 5	5 - 10	10 - 18	18 - 25
Foarte bune protectoare	5	10	10	35
Bune protectoare	15	20	40	35
Mediu protectoare	20	20	20	15
Slab protectoare	60	50	30	15

Tabelul 4.51

Structura culturilor pe versante în funcție de panta și lungimea de scurgere (după *Ionescu V.*, 1984)

Panta (%)	Lungimea (m)	Gradul de participare a culturilor (%)				Restricția
		prășitoare	păioase	leguminoase	ierburi	
> 5	sub 400	100	-	-	-	Fără restricție
	400 - 600	80	20	-	-	
	peste 600	80	10	10	-	
5 - 10	sub 400	80	20	-	-	Ușoară
	400 - 600	70	20	10	-	
	peste 600	70	10	10	10	
10 - 15	sub 300	70	10	10	10	Mijlocie
	300 - 500	60	20	10	10	
	peste 500	50	10	20	20	
15 - 20	sub 300	40	30	10	20	Mare
	300 - 400	30	20	20	30	
	peste 400	20	10	30	40	
Peste 20	sub 200	-	40	30	30	Foarte mare
	200 - 300	-	30	30	40	
	peste 300	-	20	30	50	

Asolamentele de protecție se aplică pe terenuri cu pante de peste 18 %. Aproximativ 2/3 din suprafața acestor asolamente se cultivă cu leguminoase perene sau amestecuri de leguminoase și graminee, care formează o masa bogată de rădăcini (tab. 4.52) iar 1/3 revine cerealelor păioase, culturilor furajere anuale sau leguminoaselor cultivate pentru boabe.

Pentru a compara eficiența diferitelor asolamente se pot întocmi grafice, din care rezultă gradul de acoperire a solului cu vegetație în diferite perioade ale anului (fig. 4.32).

Prin însămânțarea culturilor succesive (în mirişte) este posibilă reducere eroziunii solului în a doua jumătate a verii. După amenajarea antierozională a terenurilor în pantă s-au obținut recolte de 4 ori mai mari decât înainte de amenajare (tab. 4.53) iar cantitatea de sol erodat s-a redus aproape la jumătate și scurgerile lichide cu o treime (tab. 4.45). În cazul ploilor cu agresivitate mare,

Scanned with OKEN Scanner

pierderile de sol prin eroziune au fost cu 33,3 - 89,8 % mai mici pe terenul amenajat (tab. 4.54).

Tabelul 4.52

Rădăcini şi mirişte rămase în sol după unele plante furajere
(după *Kohnubim* citat de *Budoi Gh.* şi colab., 1996)

Cultura	Masă uscată (q/ha)		
	rădăcini	mirişte	total
Lucernă de 3 ani	44,0	23,0	67,0
Trifoi + graminee de 2 ani	41,0	15,0	56,0
Trifoi roşu anul I	16,5	11,0	27,5
Secară masă verde	8,0	5,5	13,5
Borceag (măzăriche + secară)	12,0	4,5	16,5
Rapiță (cultura succesivă)	2,4	3,1	6,5
Muştar (cultura succesivă)	5,0	2,0	7,0
Lupin galben	7,0	3,0	10,0

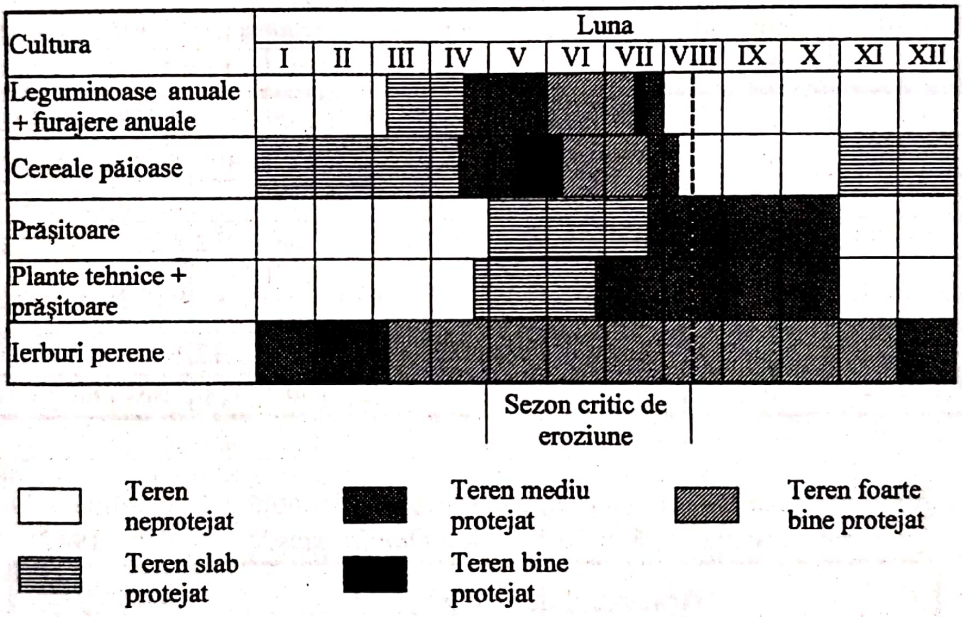


Fig. 4.32 Protecţia terenurilor arabile în pantă asigurată de principalele plante agricole
(după *Ionescu V.*, 1984)

Pe terenurile frământate, cu panta de până la 35 %, care nu nu pot fi utilizate pentru cultura altor plante, se pot înfiinţa pajişti. În Moldova, pe terenuri alunecate cu panta de până la 30 %, s-au obţinut producţii mari la amestecul de sparcetă (*Onobrychis viciifolia*) şi obsigă nearistată (*Bromus inermis*) (tab. 4.55). Dintre speciile lemnoase, contribuie bine la fixarea solului pe terenurile în pantă corcodușul (*Prunus cerasifera*), cătina albă (*Hypophae rhamnoides*) şi altele.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.53

Influența amenajării antierozionale a terenului la S.C.C.C.E.S. Perieni asupra producției unor culturi (după *Mănescu B., Ionescu A.*, 1989)

Cultura	Producția (kg/ha)	
	Înainte de amenajare	După amenajare
Grâu	800 - 1500	3200 -5750
Porumb	800 - 2000	6100 - 8500
Mazăre	400 - 800	1300 - 2300
Fasole boabe	400 - 600	1600 - 2600
Furaje	200 -300	5000 - 7000
Struguri	4000 - 5000	10.000 - 14.000

Tabelul 4.54

Pierderi sol înregistrate la S.C.A. Podu Iloaiei, jud. Iași, la ploi cu agresivitate mare pe teren amenajat (A) și neamenajat (NA) antierozional (după *Ailincăi C.* și colab., 1990)

Cultura	Structura culturilor	4.VII.1987 P=65 mm, I_{med}=0,13 mm/min		6.VIII.87 P=45 mm, I_{med}=0,07 mm/min		29.V.1988 P=41 mm, I_{med}=0,11 mm/min		30.V.1988 P=21 mm, I_{med}=0,13 mm/min		15.V.1989 P=48 mm, I_{med}=0,03 mm/min		25.VI.1989 P=32 mm, I_{med}=1,28 mm/min	
		NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A
Mazăre	12	1,209	0,118	0,946	0,315	1,699	0,392	0,235	0,137	0,498	0,332	0,283	0,045
Fasole	16	4,740	0,559	4,541	0,513	2,268	0,523	0,839	0,490	1,740	1,162	0,980	0,154
Grâu	36	2,277	0,221	0,954	0,318	0,322	0,074	0,114	0,067	0,493	0,329	0,714	0,113
Porumb	33	4,809	0,468	1,189	0,396	3,085	0,711	0,568	0,332	2,258	1,507	1,663	0,262
Ierburi perene	3	0,711	0,069	0,055	0,018	0,029	0,007	0,350	0,163	0,072	0,048	0,298	0,047
Media (t/ha)	-	3,332	0,339	1,089	0,367	1,702	0,393	0,401	0,232	1,261	0,841	1,006	0,158
Media (%)	-	100	10,2	100	33,4	100	23,1	100	57,8	100	66,7	100	15,7

Tabelul 4.55

Influența amestecului de ierburi asupra producției de substanță uscată (suma a două coase) pe teren cu panta până la 30 % (după *Dumitrescu N.* și colab., 1982)

Amestecul de ierburi	Producția	
	kg/ha	%
Bromus inermis 50 %, *Onobrychis viciifolia* 50 % (mt.)	7900	100
Dactylis glomerata 50 %, *Onobrychis viciifolia* 50 %	6850	86
Bromus inermis 50 %, *Lotus corniculatus* 50 %	6960	87
Dctylis glomerata 50 %, *Lotus corniculatus* 50 %	6530	82
Bromus inermis 25 %, *Onobrychis viciifolia* 25 %, *Dactylis glomerata* 25 %, *Lotus corniculatus* 25 %	5910	74

4.6.2 Folosirea îngrășămintelor și amendamentelor

Fertilizarea terenurilor în panta reprezintă un mijloc important de luptă contra eroziunii. Se apreciază că fiecare tonă de gunoi de grajd sporește conținutul solului cu 40 kg carbon total sau 56 - 70 kg humus (*Budoi Gh.* și colab., 1996). Sporind

Scanned with OKEN Scanner

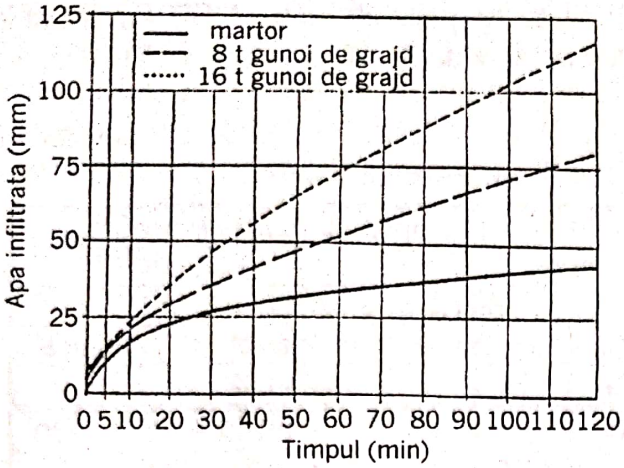


Fig. 4.33 Efectul gunoiului de grajd asupra permeabilității pentru apă a solului (după *Staicu I.*, 1969)

conținutul solului în humus, gunoiul de grajd şi alte îngrăşăminte organice, îmbunătățesc structura, măresc permeabilitatea şi viteza de înfiltrație a apei în sol, (fig. 4.33). Gunoiul de grajd şi îngrăşămintele minerale (*NPK.*) aplicate pe un sol brun argilos puternic erodat în jud. Cluj au sporit greutatea agregatelor hidrostabile, cu diametru peste 5 mm de la 15 % la 19,85 % (*Guş P.* şi colab. 1979). Ameliorarea structurii şi altor însuşiri ale solului creează condiții mai bune pentru dezvoltarea unor microorganisme folositoare şi aceasta prezintă importanță deoarece solurile erodate conțin mai puține bacterii, ciuperci, actinomicete. Cercetări menționate de *Eliade Gh.* şi colab. (1983) au arătat ca prin eroziune, masa microbiană la diferite tipuri de sol s-a redus, în medie, cu 40,8 % la ciuperci, 28,7 % la bacterii şi 28,4 % la actinomicete (tab. 4.56).

Tabelul 4.56

Masa microbiana a solului (g. s. u./m^2) în funcție de gradul de eroziune (după *Mustafaev* şi colab., citat de Gh. *Eliade* şi colab., 1983)

Solul	Starea de eroziune	Bacterii	Amendamente	Ciuperci	Energia plasmei microbiene Kcal/m^2
De luncă	Neerodat	0,505	0,276	0,005	3765
	Erodat	0,318	0,212	0,004	3227
Cenuşiu de pădure	Neerodat	0,397	0,265	0,007	4041
	Erodat	0,303	0,184	0,004	2968
Cernoziom	Neerodat	0,491	0,145	0,005	4503
	Erodat	0,266	0,154	0,003	2565
Brun de pădure	Neerodat	0,383	0,255	0,004	3879
	Erodat	0,315	0,198	0,002	3121
Brun de pădure înțelenit	Neerodat	0,418	0,281	0,004	4639
	Erodat	O,349	0,208	0,003	3471
Media (g. s.u./m^2)	Neerodat	0,435	0,264	0,005	-
	Erodat	0,310	0,189	0,003	-
Media (%)	Neerodat	100,0	100,o	100,0	-
	Erodat	71,3	71,6	60,0	-

Îngrăşămintele minerale şi organice determină o dezvoltare mai viguroasă a părților aeriene şi subterane ale plantelor, care protejează astfel mai bine solul. *Popa A.* (1974), arată ca prin folosirea îngrăşămintelor eroziunea s-a redus cu

Scanned with OKEN Scanner

18 - 33 % pe suprafețele cultivate cu grâu și porumb (tab. 4.57) iar masa de rădăcini a sporit la grâu cu 49,1 %, pe adâncimea de 0 - 90 cm (tab. 4.58).

Tabelul 4.57

Influența îngrășămintelor asupra eroziunii solului

Tratament	Pierderile de sol în raport cu starea de eroziune							
	Grâu				Porumb			
	Starea de eroziune							
	moderată		puternică		moderată		puternică	
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Nefertilizat	9,4	100	13,5	100	31,1	100	42,6	100
$N_{64}P_{48}$	7,4	82	11,0	81	23,5	71	34,3	80
$N_{64}P_{48}$ + 20 t gunoi de grajd	6,3	67	9,6	71	22,3	67	33,0	77

Tabelul 4.58

Creşterea masei de rădăcini (kg/ha) la grâu sub influența îngrășămintelor

Adâncimea (cm)	Teren		Spor datorat îngrășămintelor (%)
	neîngrășat	îngrășat	
0 - 10	600	810	135,0
10 - 20	300	450	150,0
20 - 40	120	220	183,3
40 - 60	100	150	150,0
60 - 90	20	70	350,0
Total	1140	1700	149,1

Cu cât îngrășămintele dau sporuri de recoltă mai mari, cu atât se reduce mai mult şi eroziunea. Pe terenurile erodate fertilitatea solului este scăzută. Astfel, în Podişul Moldovei, conținutul în humus al acestor soluri este cu 65 -78 % mai scăzut față de solurile neerodate iar conținutul în azot total şi fosfor mobil scade, datorită eroziunii, aproape la jumătate. Se apreciază ca prin erodarea unui strat de sol de tipul cernoziomului gros de 1 cm se pierde circa 140 t/ha sol şi odată cu el aproximativ 280 kg azot şi 200 kg fosfor, adică anual se pierd la noi în țară circa 320.000 t azot şi 240.000 t fosfor. (*Dîrja M.*, 2000). Pe solurile moderat erodate din Dobrogea, producția la grâu a scăzut, în medie, cu 15 %, pe cele puternic erodate cu 50 %, iar pe cele foarte puternic erodate cu 75 %. La S.C.C.C.E.S. Perieni cercetări efectuate o perioada îndelungată de timp au înregistrat pierderi medii de recoltă de 210 kg/ha la grâu, 330 kg/ha la porumb, 190 kg/ha la fasole, 200 kg/ha la mazăre, 260 kg/ha la floarea soarelui, 305 kg/ha la in (*Neamțu T.*, 1996). Acolo unde prin eroziune a fost îndepărtat orizontul A şi B, conținutul în elemente nutritive a solului s-a redus la mai puțin de jumătate (tab. 4.59). Din această cauză, sporul de recoltă obținut la grâul de toamna pentru 1 kg de îngrășământ substanță activă a fost cu 3 - 31 % mai mare pe versante decât pe terenurile plane. S-a remarcat efectul favorabil al îngrășămintelor potasice,

Scanned with OKEN Scanner

aplicate împreună cu cele azotoase şi fosfatice (*Popescu Ch.* şi colab., 1984). În Podişul Transilvaniei, pe un sol brun podzolit puternic erodat, îngrăşămintele minerale au sporit recolta la porumb cu 21,7 % iar gunoiul de grajd împreună cu superfosfat, cu 34,5 % (*Dumitrescu N.* şi colab., 1979). La S.C.C.C.E.S. Perieni, îngrăşămintele minerale aplicate în diferite doze, pe teren moderat sau puternic erodat, au dublat sau triplat recolta la grâu şi la porumb (tab. 4.60), sporind cu 2 - 3 % şi conţinutul boabelor în proteină, în detrimentul amidonului (*Nistor Doina* şi colab., 1979). Îngrăşămintele minerale şi gunoiul de grajd aplicate pe un sol brun argilic puternic erodat la Aşchileu Mic, jud. Cluj, au sporit producţia la porumb cu 27 - 62 %, la grâu cu 47 - 132 % şi la trifoi (substanţă uscată) cu 17 - 59 % (*Vintilă Irina* şi colab., 1979). Pe un sol brun podzolit pseudogleizat, slab erodat, cu pH 5,4 - 5,7, din jud. Cluj, asocierea îngrăşămintelor cu amendamente (5 t/ha CO_3Ca) a sporit recolta la grâu cu 5 % iar la borceag cu 12,8 - 27,5 % faţă de terenul neamendat (*Kovacs B.*, 1979). Îngrăşămintele organice aplicate în doză de 20 t/ha, la S.C.A. Suceava, au sporit recolta la grâu cu 20,0 - 59,1 kg boabe iar la porumb cu 11,4 - 31,9 kg boabe, pentru o tonă de gunoi. La S.C.A Podu-Iloaiei, pentru fiecare kg de îngrăşământ s. a., producţia s-a majorat cu 9,5 -13,2 kg la grâu şi cu 17 - 27 kg la porumb (*Ailincăi C.* şi colab., 1992). La grâul şi porumbul cultivat pe teren erodat, la S.C.C.C.E.S. Perieni-Vaslui, gunoiul de grajd asociat cu îngrăşăminte minerale (*N*, *P*) a mărit producţia şi bilanţul energetic a sporit cu 147 % şi respectiv 114 % pe teren moderat erodat cu 222 % şi respectiv 202 % pe teren puternic erodat (tab. 4.61).

Tabelul 4.59

Conţinutul în elemente nutritive, forme mobile, în stratul arat al unui cernoziom cambic erodat de la S.C.C.C.E.S. Perieni - Bârlad (după *Cîrlan C.* şi colab., 1980)

Starea de eroziune a solului	Procente faţă de solul neerodat					
	P	K	Mn	Cu	Zn	B
Orizontul A erodat 100%	77 - 78	71 - 80	53 - 84	51 - 67	73 - 84	70 - 72
Orizontul A şi B erodate	52 - 54	37 - 46	3 - 8	16 - 19	44 - 64	45

Îngrăşămintele minerale azotate, fosfatice şi potasice, asigură cele mai mari sporuri de recoltă la grâu, porumb şi alte culturi, atunci când sunt aplicate împreună. În Podişul Bârladului, *Popa A.* (1981), obţine pe sol slab erodat sau cu eroziune puternică, sporuri de recoltă care ajung la 46,1 - 49,7 kg la grâu sau 53,4 - 75,4 kg la porumb, pentru 1 tonă gunoi şi 12,4 - 13,0 kg la grâu sau 14,1 - 17,5 kg porumb pentru 1 kg s.a. N, P. La S.C.C.C.E.S. Perieni, asocierea unui asolament de 5 ani cu 50 t/ha gunoi de grajd aplicat odată la 3 ani a sporit recolta medie pe 23 ani la porumb cu 968 kg/ha (tab. 4.62).

Pentru a evita antrenarea îngrăşămintelor cu apa ce se scurge la suprafaţa solului, se recomandă ca acestea sa fie încorporate odată cu arătura. Îngrăşămintele aplicate la suprafaţa solului au dat sporuri mai mici de recolta cu 9 % la floarea soarelui şi cu 4,7 % la cartof (*Popescu C.* şi colab., 1969).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.60

Influența fertilizării îndelungate, asupra producției de grâu și porumb

Grâu			Porumb		
Doza (kg s.a./ha)	Producția medie		Doza (kg s.a./ha)	Producția medie	
	q/ha	%		q/ha	%
Sol puternic erodat					
$N_0 P_0 K_0$	13,2	100,0	$N_0 P_0 K_0$	24,8	100,0
$N_{100} P_{100}$	28,1	212,2	$N_{100} P_{50}$	53,5	215,7
$N_{100} P_{100} K_{50}$	31,4	237,9	$N_{150} P_{100}$	58,0	233,9
$N_{150} P_{100}$	32,1	243,2	$N_{150} P_{100} K_{50}$	66,9	269,7
$N_{150} P_{100} K_{50}$	32,5	246,2	$N_{200} P_{100}$	56,8	229,0
$N_{200} P_{100} K_{50}$	34,1	258,3	$N_{200} P_{100} K_{50}$	64,9	261,7
			$N_{300} P_{100} K_{50}$	65,3	263,3
Sol moderat erodat					
$N_0 P_0 K_0$	13,6	100,0	$N_0 P_0 K_0$	22,4	100,0
$N_{100} P_{100}$	25,2	185,3	$N_{100} P_{50}$	52,4	233,9
$N_{100} P_{100} K_{50}$	27,6	202,9	$N_{150} P_{100}$	60,7	270,9
$N_{150} P_{100}$	29,2	214,7	$N_{150} P_{100} K_{50}$	61,8	275,9
$N_{150} P_{100} K_{50}$	32,0	235,3	$N_{200} P_{100}$	67,2	300,0
$N_{200} P_{100} K_{50}$	30,8	226,5	$N_{200} P_{100} K_{50}$	69,8	311,6
			$N_{300} P_{100} K_{50}$	75,3	336,2

Tabelul 4.61

Influența îngrășămintelor asupra eroziunii solului și producției de grâu și porumb pe teren erodat la S.C.C.C.E.S Perieni -Vaslui (*Popa A.*, 1977)

Îngrășăminte				Sol erodat			Producția medie 1966 - 1969				Bilanț energetic	
Gunoi (t/ha)	N (kg/ha)	P_2O_5	Mcal	t/ha	Mcal/ha	%	kg/ha	Dif. kg/ha	Mcal/ha	%	Mcal/ha	%
Grâu pe teren moderat erodat												
-	-	-	-	9,4	1.472	100	1.260	-	4.833	100	3.361	100
-	64	48	1.647	7,7	1.205	82	2.650	1.390	10.165	210	7.313	217
20	64	24	1.856	6,3	986	67	2.910	1.650	11.163	231	8.321	247
Grâu pe teren puternicerodat												
-	-	-	-	13,5	2.114	100	1.090	-	4.181	100	2.067	100
-	64	48	1.647	11,0	1.723	82	2.450	1.360	9.398	225	6.028	291
20	64	24	1.856	9,6	1.503	71	2.610	1.520	10.012	239	6.651	322
Porumb pe teren moderat erodat												
-	-	-	-	33,1	5.183	100	2.670	10.469	10.469	100	5.286	100
-	64	48	1.647	23,5	3.680	71	3.950	1.280	15.488	148	10.161	192
20	64	24	1.856	22,3	3.492	67	4.250	1.580	16.664	159	11.316	214
Porumb pe teren puternic erodat												
-	-	-	-	42,6	6.671	100	2.390	-	9.371	100	2.700	100
-	64	48	1.647	34,3	5.371	80	3.490	1.100	13.684	146	6.666	247
20	64	24	1.856	33,0	5.168	77	3.870	1.480	15.174	162	8.150	302

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.62

Influenţa asolamentului şi îngrăşămintelor asupra producţiei de porumb pe teren în pantă la S.C.C.C.E.S Perieni -Vaslui (1970 - 1992) (*Neamţu T., Gociu M.*, 1993)

Îngrăşăminte			Producţia (media pe 23 ani)					
Gunoi (t/ha)	N (kg/ha)	P (kg/ha)	Monocultură		Grâu - porumb		Asolament 5 ani	
			(kg/ha)	%	(kg/ha)	%	(kg/ha)	%
0	0	0	2575	100	3087	100	3840	100
0	32	32	3832	-	4029	-	4610	-
0	96	96	4788	-	4998	-	5191	-
0	128	128	5028	-	5103	-	5169	-
50	0	0	3873	-	4418	-	4841	-

Se obţin, în general, sporuri economice de recoltă la aplicarea fracţionată a dozelor moderate de îngrăşăminte (60 - 80 kg/ha N; 40 - 60 kg/ha P_2O_5; 20 - 30 t/ha gunoi de grajd). Efectul favorabil al îngrăşămintelor organice se resimte 2 - 3 ani după aplicare. Îngrăşămintele cu azot aplicate toamna sau primăvara pe o pajişte temporară, situată pe diferite pante, a sporit producţia de nutreţ (s. u.) cu 79 - 191 % (tab. 4.63). Pe pajiştea înfiinţată pe teren alunecat din judeţul Vrancea, îngrăşămintele cu azot şi fosfor ân doză de $N_{64}P_{64}$ au sporit producţia de nutreţ cu 13,2 t/ha masă verde (*Axinte Stela* şi colab., 1982).

Tabelul 4.63

Influenţa îngrăşămintelor cu azot asupra producţiei unei pajişti temporare situată pe diferite pante (1981 - 1986) (după *Dumitrescu N.* şi colab, 1999)

Fertilizare		Pantă 10%		Pantă 20%		Pantă 30%	
Epoca	N (kg/ha)	t/ha s. u.	%	t/ha s. u.	%	t/ha s. u.	%
-	0	3,70	100	3,01	100	3,35	100
Toamna	100	6,61	179	7,88	259	5,75	272
Primăvara	100	7,57	205	7,46	245	6,09	182
Toamna	200	8,73	236	8,34	274	6,75	203
Primăvara	200	8,62	233	8,21	270	7,02	210
Toamna	300	8,98	243	8,15	268	6,79	203
Primăvara	300	9,33	252	8,85	291	6,90	206
Media	-	7,65	-	7,41	-	6,09	-

Îngrăşămintele fosfatice aplicate împreună cu cele azotoase au contribuit la sporirea producţiei iar gunoiul de grajd a dat sporuri mari de recoltă, în special, pe solurile erodate, sărace în humus (tab. 4.64).

Pe versantele ocupate de plantaţii pomicole se obţin rezultate bune la aplicarea gunoiului de grajd iar îngrăşămintele minerale cu azot trebuie date în doza moderată, pentru a evita un dezechilibru de nutriţie cu repercusiuni negative asupra calităţii fructelor. La Ciumbrud - Aiud, pe un sol brun mediu carbonatat, cu textură

Scanned with OKEN Scanner

luto-argiloasă, conținut în humus de 1,82 %, puternic erodat, situat pe o pantă de 25 - 30 %, îngrășămintele au sporit producția de struguri cu 34,3 - 52,9 % la vița de vie din soiul *Furmint* (tab. 4.65).

Tabelul 4.64

Influența fertilizării asupra producției de s.u. obținută pe o pajiște temporară pe teren puternic degradat (1986 - 1991) (după *Dumitrescu N.* și colab., 1999)

Fertilizarea	Producția	
	t/ha	%
Nefertilizat	1,40	100
Gunoi 20 t/ha	3,07	219
Gunoi 40 t/ha	4,26	304
Gunoi 20 t/ha + N_{50} P_{25}	3,80	271
Gunoi 40 t/ha + N100 P50	4,72	337

Tabelul 4.65

Influența îngrășămintelor asupra producției la vița de vie de la Ciumbrud - Aiud (după *Oprea Șt.* și colab., 1999)

Varianta	Masă verde (t/100 butuci)	Flori legate (%)	Struguri	
			kg/ha	%
Neîngrășat	49,5	68,38	6.229	100,0
Gunoi de grajd 40 t/ha la 4 ani + $N_{150}P_{200}K_{150}$ la 3 ani	53,2	71,20	9.522	152,9
Gunoi de grajd 30 t/ha la 3 ani + $N_{200}P_{200}K_{200}$ la 3 ani	58,0	73,35	8.367	134,3

Îngrășămintele aplicate pe versante ocupate de plantații viticole sau pomicole determină și frânarea procesului de eroziune a solului. *Peyer E.*, citat de *Ionescu A.* (1982), arată ca într-o plantație viticolă din Elveția, situată pe un versant, pierderile de sol prin eroziune s-au diminuat de la 42,3 t/ha·an pe teren nefertilizat la numai 2,3 t/ha/an pe parcela care primise 40 t/ha compost. Gunoiul de grajd sau compostul se pot aplica pe întreaga suprafață a terenului, odată cu desfundarea sau lucrările aplicate solului, iar la plantare se pot da câte 5 - 10 kg la fiecare groapă. Pe terenurile acide se aplică, o dată la 3 ani amendamente. Pe terenurile fertilizate cu doze mari de îngrășăminte fosfatice apare adesea carența în microelemente și în special a zincului. Cercetări efectuate la S.C.A. Podu-Iloaiei (câmp experimentat Trifești și Războieni) pe soluri cu 1,82 - 1,98 ppm zinc mobil, au dovedit că se manifestă carența în zinc la grâul de toamna, când conținutul solului în fosfor depășea 4 mg P_2O_5 mobil la 100 g sol iar la porumb, soia și fasole peste 10 mg P_2O_5 mobil/100 g sol. La mazăre și orz nu s-a manifestat carența în zinc (*Dornescu D.*, 1982). Cercetări organizate pe pante de 16 - 18 % la Popăuți, Botoșani, urmărind efectul lucrărilor solului asociate cu fertilizarea, au înregistrat sporuri de recoltă care au ajuns la 87,2 % la grâu și 28,6 % la porumb și se datorează, în special, îngrășămintelor (tab 4.66).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.66

Aportul lucrărilor solului şi a îngrăşămintelor asupra producţiei la grâu şi porumb la S.C.Z Popăuţi, Botoşani (după *Lascu I.*, 1980)

Arat (cm)	Scarificat	Îngrăşăminte		Grâu		Îngrăşăminte			Porumb	
		N	P	kg/ha	%	Gunoi (t/ha)	N	P	kg/ha	%
20	-	-	-	1.690	100,0	-	-	-	3.120	100,0
	-	60	40	2.760	168,3	-	60	40	3.740	119,8
	-	120	80	2.960	180,5	20	-	-	3.370	108,0
20	10	-	-	1.570	100,0	-	-	-	3.090	100,0
	10	60	40	2.760	175,8	-	60	40	3.600	116,5
	10	120	80	2.940	187,2	20	-	-	3.450	111,6
30	-	60	-	1.710	100,0	-	-	-	3.250	100,0
	-	120	40	2.740	160,2	-	60	40	3.830	117,8
	-	-	80	2.780	162,6	20	-	-	3.760	115,7
30	10	60	-	1.550	100,0	-	-	-	2.940	100,0
	10	120	40	2.530	163,2	-	60	40	3.780	128,6
	10		80	2.730	176,1	20	-	-	3.450	117,3

Rezultate bune se obţin la aplicarea îngrăşămintelor verzi formate din lupin, măzăriche etc. Aceste plante pot fi cultivate sub forma de culturi succesive pe teren arabil sau între rândurile de viţă de vie sau pomi fructiferi.

4.6.3 Lucrările solului

Aplicate în mod corect, arătura, grăpatul, tăvălugitul şi alte lucrări agricole pot contribui, într-o oarecare măsură, la stăvilirea eroziunii solului şi sporirea producţiei. Prin eroziune se îndepărtează, în special, stratul de sol afânat potrivit pentru înrădăcinarea plantelor şi ajung la suprafaţă straturile tasate, cu densitate aparentă mai mare care trebuie afânate (tab. 4.67).

Tabelul 4.67

Influenţa eroziunii asupra densităţii aparente la desprimăvărare (g/cm^3) pe două tipuri de sol din Podişul Bârladului (după *Neamţu T.*, 1996)

Specificare	Adâncime (cm)	Cernoziom cambic		Cenuşiu de pădure	
		eroziune		eroziune	
		slabă	puternică	slabă	puternică
Grâu de toamnă	0 - 20	1,22	1,31	1,24	1,33
Grâu de toamnă	20 - 50	1,38	1,41	1,43	1,47
Arătură de toamnă	0 - 20	1,18	1,26	1,21	1,30
Arătură de toamnă	20 - 50	1,36	1,39	1,44	1,46

Ca regulă generală, aceste lucrări trebuie executate pe direcţia generală a curbelor de nivel. La efectuarea arăturii pe terenurile în pantă este necesar să se

Scanned with OKEN Scanner

evite transportul solului în aval, să se realizeze un orizont arabil cât mai gros şi să se formeze obstacole în calea apelor ce se scurg la suprafaţă. Numeroasele experienţe efectuate în ţară şi în străinătate au dovedit ca arăturile executate din deal în vale determină deplasarea unor cantităţi de sol de 2 - 9 ori mai mari faţă de arăturile executate pe direcţia curbelor de nivel (*Moţoc M.*, 1975). La S.C.C.C.E.S. Perieni, arătura executată pe direcţia curbelor de nivel a redus cantitatea de sol erodat cu 49,0 - 68,8 % faţă de cea executată din deal în vale iar pierderile de apă prin scurgere la suprafaţă s-au diminuat cu 50 - 75 % (tab. 4.68). Pe un versant cu panta medie de 15 %, la Băleni - Galaţi, arătura executată pe curba de nivel a redus cantitatea de sol erodat, faţă de arătura din deal în vale, cu 67,84 t/ha pe teren cultivat cu porumb şi 34,45 t/ha pe cel cultivat cu grâu de toamnă (*Mihai Gh.* şi colab., 1968). Aceasta se datorează şi faptului ca grâul este o specie bună protectoare a solului iar porumbul slab protectoare. Pe pante mai mari s-au înregistrat pierderi şi mai însemnate de sol, care depăşesc de circa 10 ori pe cele înregistrate la arătura efectuată pe contur. Pentru ca arăturile să se execute după această direcţie, cu o abatere de numai 3 - 4 %, trebuie să se instaleze pe tractor un dispozitiv de orientare. Pe pante de 10 - 20 %, arătura se execută în bune condiţii pe curba de nivel, însă la pante de peste 20 % brazda se deplasează cu 20 - 30 cm în aval. Aceste deplasări de sol sunt cu atât mai mari cu cât viteza de înaintare a plugului se majorează. Pe pante ce depăşesc 8 %, arăturile pe direcţia curbelor de nivel nu sunt suficiente pentru a stăvili procesul de eroziune, fiind necesară asocierea acestora cu alte măsuri. Astfel, arătura se face în fâşii înguste de 6 - 10 brazde, la cormană şi în acest fel, rezultă numeroase coame şi şanţuri de-a curmezişul versantului. Şanţurile se astupă din loc în loc prin praguri transversale şi apa care se adună, rămâne izolată în compartimente. Distanţa între coame se lasă cu atât mai mică, cu cât panta terenului este mai mare. Pentru executarea arăturilor pe direcţia curbelor de nivel, pe terenurile cu panta de 15 %, se folosesc pluguri reversibile care răstoarnă brazda în amonte şi tractoare speciale care, pot lucra pe teren înclinat. La pante de peste 20 - 25 %, brazda nu se răstoarnă bine în amonte şi este necesar să se renunţe la arăturile anuale şi să se cultive specii perene. În situaţia aplicării lucrărilor minime ale solului, cantităţile de apă scursă şi sol erodat s-au redus de 2,4 ori şi respectiv 8,5 ori faţă de terenul lucrat obişnuit (tab. 4.69).

Solurile erodate de pe pante au un orizont subţire de acumulare a humusului iar pentru mărirea capacităţii de înfiltrare a apei şi crearea unor condiţii mai bune pentru dezvoltarea rădăcinilor trebuie să se facă arături adânci. Odată cu arăturile adânci se scot însă la suprafaţa straturi de sol mai puţin fertil şi, de aceea, trebuie să se aplice îngrăşăminte. Rezultate bune se obţin şi atunci când adâncirea stratului arabil se realizează prin subsolaj. Înlesnind înmagazinarea în sol a unor cantităţi mai mari de apă, arăturile adânci determină şi reducerea eroziunii solului. Experienţele efectuate la S.C.C.C.E.S. Perieni şi la S.C.A. Podu-Iloaiei au arătat ca majorarea adâncimii arăturii de la 20 cm la 30 cm + 10 cm subsolaj nu a sporit recolta la grâu şi porumb dar a redus cantitatea de sol erodat cu 37 - 38 % (tab 4.70).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.68

Influența direcției de executare a arăturii asupra pierderilor de sol și apă pe teren în pantă (după *Popa A.*, 1978)

Caracteristica ploii		Panta	Arat din deal în vale martor	Arat pe direcția curbelor de nivel	Reducerea față de martor (%)
Cantitatea (mm)	Intensitatea nucleului torențial (mm/mm)				
Pierderi de sol prin eroziune (t/ha)					
27,2	1,80	9 - 10	15,8	6,3	60,0
		14 - 15	21,4	8,7	64,4
		18 - 20	35,9	18,3	49,0
74,3	1,44	9 - 10	32,3	11,4	68,8
		14 - 15	45,7	17,2	62,4
		18 - 20	55,2	23,8	56,9
Pierderi de apă prin scurgere (m^3/ha)					
27,2	1,80	9 - 10	65,3	22,9	65,0
		14 - 15	108,0	43,3	60,0
		18 - 20	136,5	68,5	50,0
74,3	1,44	9 - 10	123,0	33,4	73,0
		14 - 15	359,8	88,6	75,0
		18 - 20	410,5	130,3	68,3

Tabelul 4.69

Cantitatea de apă scursă și cantitatea de sol erodat în situația aplicării lucrărilor minime și a celor obișnuite în monocultura de porumb (după *Nițu I.* și colab., 2000)

Anul	Precipitații 1.V - 31. VIII (mm)	Lucrări minime		Lucrări obișnuite	
		Apă scursă (mm)	Sol erodat (kg/ha)	Apă scursă (mm)	Sol erodat (kg/ha)
1960	322,6	7,8	4.480	26,9	35.718
1961	342,9	22,1	1.377	36,1	4.301
1962	243,8	0,3	-	2,0	-
1963	345,4	8,4	1.819	28,5	4.130
Total	1.254,7	38,6	7.676	93,5	44.149

Tabelul 4.70

Influența adâncimii arăturii asupra producției la grâu și porumb și a cantității de sol erodat (după *Popa A.*, 1978)

Adâncimea arăturii (cm)	Grâu		Porumb	
	Producția (%)	Sol erodat (t/ha)	Producția (%)	Sol erodat (t/ha)
20 - martor	100,0	5,4	100,0	46,7
Discuiri repetate	99,4	6,1	-	-
30	102,1	3,7	103,6	33,7
40	-	-	98,3	31,0
30 + 10	100,5	3,3	96,3	29,2
10 + 20	-	-	97,8	34,6

Scanned with OKEN Scanner

La pregătirea solului pentru însămânțarea grâului este necesar să se țină seama și de planta premergătoare pentru că în unele cazuri arătura poate fi înlocuită cu lucrarea solului cu discul sau cu freza (tab. 4.71).

Tabelul 4.71

Variația producției de porumb în funcție de lucrările de bază ale solului (după *Nistor D.*, 1979)

Lucrarea de bază	Anii				Producția medie		Diferența (q/ha)
	1974	1975	1976	1977	q/ha	%	
Arat (mt)	76,1	75,7	45,2	53,6	62,7	100,0	-
Chisel	70,8	81,2	41,1	57,4	62,6	99,8	- 0,1
Freză	66,7	84,8	37,5	57,9	61,7	98,4	- 1,0
Nearat	74,4	77,7	36,0	54,3	60,6	96,7	- 2,1

Tabelul 4.72

Modul în care trebuie folosite agregatele de lucru pentru pregătirea terenurilor în pantă (după *Nițu I.* și colab., 2000)

Lucrarea	Agregatul de lucru	Panta maximă de lucru	Observații
Discuit	U-650(U-651) + GD-3,2 sau GD-4,0	15 (25)	Tractor reglat la ecartament maxim
Discuit	SM-445 + GDP-1, 8	20 (30)	-
Discuit	SM-445 + GDP-3,2	20 (36)	Lățimea de lucru a discului redusă la 2,5 m
Cultivat	U-650(U-651) + CPU-4,2 (combinator)	14 (25)	Tractor reglat la ecartament maxim
Cultivat	SM-445 + CPLR-3,5	20 (36)	Lățimea de lucru a cultivatorului redusă la 2,5 m
Tăvăluit	U-650(U-651) + 3TI-5,5	14 (25)	Tractor reglat la ecartament maxim
Tăvăluit	SM-445 + 311-5,5 (3TN)	20 (36)	-
Grăpat	U-650(U-651) + 6GCR-1,7	14 (25)	Tractor reglat la ecartament maxim
Grăpat	SM-445 + 6GCR-1, 7	20 (36)	Agregat de grape cu colți
Sapă rotativă	U-650(U-651) + SR-4,0	14 (25)	Tractor reglat la ecartament maxim

Când se formează un strat impermeabil (hardpan), acesta trebuie sfărâmat prin arătură mai adâncă sau prin subsolaj, pentru a mări permeabilitatea și capacitatea de infiltrare a apei în sol. Experiențele efectuate în țară dovedesc ca arătura cu plug fără cormană are efecte bune pe solurile nisipoase, curate de buruieni iar pe solurile

Scanned with OKEN Scanner

cu textura fină, compactate, se obţin rezultate mai bune când se foloseşte plugul cu cormană. Rezultate foarte bune s-au obţinut atunci când s-a folosit pentru lucrarea solului un scarificator cu vibrator, deoarece sporeşte mult cantitatea de apa înfiltrată în sol. Pentru pregătirea patului germinativ, înainte de însămânţare se pot folosi agregatele de lucru menţionate în tabelul 4.72. La Apahida, jud. Cluj, pe un cernoziom argiloiluvial erodat, alternanţa de doi ani a arăturii şi lucrarea solului cu cizelul, a sporit rezerva de apă din sol, a redus consumul de carburanţi şi a mărit recolta la porumb cu 26 - 36 % faţă de arătura executată an de an (*Guş P.*, 1994). Cercetări efectuate la S.C.C.C.E.S. Perieni, au arătat ca renunţarea la arătură pentru cultura porumbului sau executarea lucrărilor solului cu cizelul sau freza a scăzut nesemnificativ producţia, numai cu 0,2 - 3,3 % faţă de terenul arat şi a redus cantitatea de sol erodat dar a sporit volumul apei scurse la suprafaţă (tab. 4.73). Urmărindu-se concentraţia de triazine din solul erodat şi apa scursă pe terenul arat, nearat, sau afânat cu cizelul s-a constatat că cele mai mari valori s-au înregistrat pe terenul nelucrat şi cele mai mici pe cel arat (tab. 4.74). Rezultă deci ca prin arătură se încorporează în sol o parte din reziduurile de pesticide şi se reduce poluarea terenului din aval.

Tabelul 4.73

Influenţa lucrărilor de bază şi de pregătire a patului germinativ asupra scurgerii şi eroziunii la porumb (după *Nistor D.*, 1979)

Lucrarea de bază	Pregătirea patului germinativ	Scurgerea cumulată (%)			Sol erodat, cumulat (%)		
		15'	30'	60'	15'	30'	60'
Arat (mt)	Peste tot	100	100	100	100	100	100
	În benzi	79	93	97	46	91	70
Chisel	Peste tot	95	99	115	57	100	79
	În benzi	69	99	110	25	51	54
Freză	Peste tot	94	119	125	63	84	89
	În benzi	85	107	119	58	82	74
Nearat	Peste tot	88	115	117	56	76	60
	În benzi	68	92	103	18	38	34

Când se lucrează pământul de vara pentru o cultură de toamnă sau de toamna pentru o cultură de primăvara, se recomandă însămânţarea unei plante pentru îngrăşământ verde, care asigură şi o protecţie a solului împotriva eroziunii. Dacă nu se poate înfiinţa o asemenea cultură, este mai bine să se lase miriştea nearată, care protejează solul. Arătura trebuie executată toamna sau în ferestrele iernii, într-o perioadă în care cad puţine precipitaţii, întrucât ploile abundente pot antrena mari cantităţi din solul mobilizat. Experienţele care au urmărit efectul grăpării arăturilor de toamnă imediat după executarea lor, arată că această lucrare favorizează erodarea solului, motiv pentru care nu este recomandabilă.

Pentru a proteja mai bine solul împotriva eroziunii se pot aplica şi alte măsuri, cum ar fi: brăzduirea, arătura discontinuă etc. *Brăzduirea* constă în efectuarea unor

Scanned with OKEN Scanner

brazde pe direcţia curbelor de nivel în scopul împiedicării concentrării apelor de scurgere în şuvoaie care, au un potenţial eroziv mai mare (fig. 4.34).

Tabelul 4.74

Influenţa lucrărilor de bază ale solului asupra concentraţiei medii de reziduuri de triazine din apa scursă şi solul erodat de pe un versant, la S:C.C.C.E.S. Perieni - Vaslui (după *Rîclea C.* şi colab., 1991)

Lucrările de bază aplicate solului	Anul	Reziduuri de triazine (ppm)		
		Apă scursă	Sol erodat	Total
Arătură de toamnă	1987	0,443	1,507	1,950
	1988	0,380	0,843	1,223
	1989	0,041	0,183	0,224
	Media	0,288	0,844	1,132
Afânare cu cizelul	1987	0,842	1,739	2,581
	1988	0,206	0,923	1,129
	1989	0,070	0,170	0,240
	Media	0,373	0,944	1,320
Teren nelucrat	1987	0,809	0,386	1,195
	1988	1,580	0,382	1,962
	1989	0,785	0,118	0,903
	Media	1,058	0,295	1,353

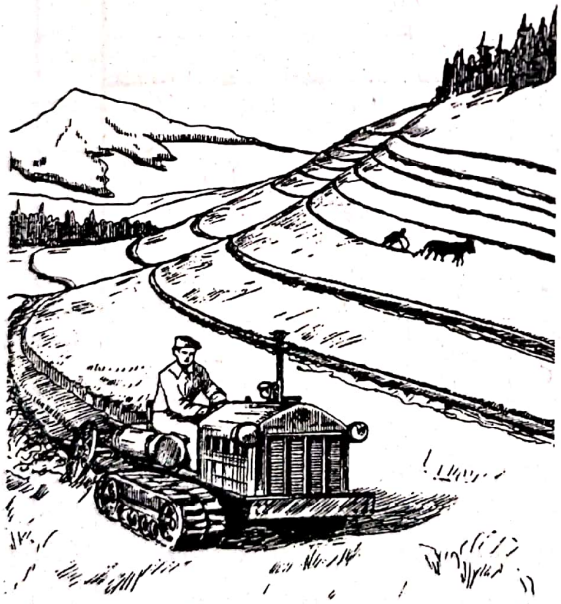


Fig. 4.34 Executarea brăzduirilor de-a lungul curbelor de nivel

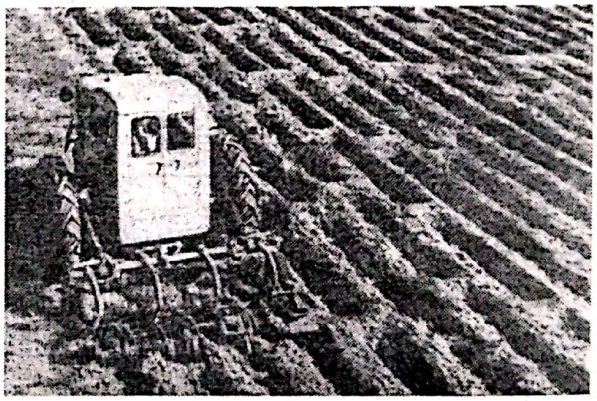


Fig. 4.35 Arătură în crovuri (după *Staicu I.*, 1969)

Pe pante de 3,5 - 7,0 %, se execută din toamnă arătura adâncă discontinuă sau în crovuri (fig. 4.35), cu adâncimea brazdei de 25 - 30 cm şi lungimea de 5 m. Apoi, plugul se scoate din brazdă pe o distanţă de 1,0 - 1,5 m şi se introduce din nou în brazdă, operaţiunea repetându-se. Brazda următoare se trage la distanţa de 3 - 5 m, astfel ca porţiunile nearate să se situeze în dreptul brazdei anterioare. Distanţa între

Scanned with OKEN Scanner

brazde va fi cu atât mai mare, cu cât panta este mai mică. Pe pante mici, până la 3,5 %, se recomandă arătura în pătrat. În acest caz, brazdele se trag la distanțe de câte 1 m în lungul versantului și de-a curmezișul acestuia, astfel rezultând pătrate limitate de coamele brazdelor, care rețin apa și favorizează înfiltrarea acesteia. Porțiunea de șanț de la întretăierea brazdelor se astupă cu pământ, pentru ca apa să nu se scurgă mai departe. Aceste arături se fac toamna iar primăvara, înainte de semănat, terenul se nivelează cu ajutorul cultivatorului și apoi se ară în mod obișnuit.

La pregătirea solului pentru înființarea de pajiști temporare în locul celor permanente, degradate, cu panta mai mare de 15 %, desțelenirea se face pe curba de nivel, în fâșii alternative cu lățimea de 7 - 30 m, după înclinația și lungimea versantului. În anii următori, după dezvoltarea vegetației, în fâșiile lucrate și însămânțate se desțelenesc și se însămânțează și suprafețele rămase nelucrate.

Pe terenurile destinate plantațiilor de vii sau pomi se face desfundarea ternului, pe curbele de nivel, în fâșii late de 5 - 10 m și la distanțe de 15 - 50 m, în funcție de panta terenului. Desfundarea se efectuează până la adâncimi de 50 - 60 cm, iar coamele rezultate rețin apa și determina înfiltrarea acesteia. Odată cu desfundarea este bine să se aplice îngrășăminte, cum ar fi gunoi de grajd de 30 - 50 t/ha, superfosfat 400 - 500 kg/ha etc.

Pentru a evita tasarea solului și reducerea permeabilității, pe terenurile în pantă nu trebuie să se folosească tractoare și agregate grele și să se reducă, pe cât posibil, numărul de treceri cu tractorul pe aceeași parcelă. Cercetări efectuate în S.U.A., au arătat că prin aplicarea lucrărilor minime, cantitățile de apă scursă și sol erodat s-au redus de 2,4 ori și respectiv 5,8 ori față de terenul lucrat în mod obișnuit.

Picăturile de apă provenite din precipitațiile, căzute pe terenul de curând arat, grăpat sau lucrat cu ajutorul cultivatorului, desfac agregatele de structură, înlesnesc formarea crustei, reduc permeabilitatea solului și intensifică prin acesta procesul de eroziune. Dacă pe suprafața solului se distribuie un strat vegetal protector (mulci), se înlătura deficiențele menționate. Acest strat poate fi format din paie tocate, gunoi nedescompus sau din plante cultivate între rândurile de prășitoare. Pe terenurile în pantă, acest strat protector atenuează impactul picăturilor și reduce viteza de scurgere a apei la suprafața terenului și erodarea solului. Experiențe efectuate în țară dovedesc că la cartof, mulciul de paie determină creșterea producției și limitarea eroziunii iar la porumb, deși asigură creșterea recoltei numai în regiunile secetoase și pe soluri ușoare, are efect asupra controlului eroziunii. Cantitatea de 0,56 t/ha resturi vegetale a determinat reducerea pierderilor de sol la 1/3 față de cele produse pe suprafața neprotejată cu mulci.

4.6.4 Însămânțarea și întreținerea culturilor

Modul de însămânțare a culturilor poate contribui la stăvilirea eroziunii, prin micile rigole ce rămân după semănat. În general, pe terenurile în pantă, însămânțarea trebuie să se facă pe direcția curbelor de nivel, în lungul solelor. Culturile dese, cum ar fi cerealele păioase, plantele furajere, frânează eroziunea

Scanned with OKEN Scanner

solului dar atunci când sunt semănate pe direcția liniei de cea mai mare pantă efectul protector se diminuează considerabil. Astfel, grâul semănat pe direcția curbelor de nivel a redus pierderile de sol de 3 - 5 ori față de cel semănat din deal în vale. Prăşitoarele (porumbul, floarea soarelui etc), înlesnesc scurgerea apei şi prin aceasta, favorizează procesul de eroziune şi de aceea la însămânțarea lor trebuie să se adopte măsuri de stăvilire a eroziunii. Porumbul semănat din deal în vale a dat producții cu 37 % mai mici față de cel semănat pe curbele de nivel iar solul erodat a fost, în primul caz, cu 262 % mai mare (tab. 4.75).

Tabelul 4.75

Influența direcției de semănat asupra producției la porumb şi asupra eroziunii solului (după *Nistor D.*, 1979)

Direcția semănatului %	Plante distruse la ha		Producția %	Sol erodat	
	Total	%		t/ha	%
Pe curba de nivel	3580	10,1	100,0	48,2	100,0
Din deal în vale	14120	40,3	63,0	174,5	362,0

În zonele de stepă şi silvostepă, dă rezultate bune semănatul în rigole, pe direcția curbelor de nivel. La S.C.C.C.E.S. Perieni, la cultura porumbului semănat din deal în vale a fost spălată o cantitate de 116,2 tone de sol la ha, în timp ce la aceeaşi cultură, semănată pe direcția curbelor de nivel pierderile de sol au fost de numai 1,5 t/ha. Odată cu eroziunea solului se produce şi dezrădăcinarea plantelor mici. Într-o experiență organizată tot la S.C.C.C.E.S. Perieni, numărul plantelor dezrădăcinate şi distruse au ajuns la 40,3 % (tab 4.75). Însămânțarea unor leguminoase intercalat cu porumbul dă rezultate bune, deoarece se realizează un grad de acoperire mai bună a solului precum şi o îmbunătățire a fertilității. Culturile intercalate pot determina creşterea producției totale cu 20 - 21 % față de cultura pură (*Popescu C.* şi colab., 1970). Astfel, se recomandă să se cultive fasole, mazăre, soia, pe acelaşi rând cu porumbul sau în rânduri alternative. În primul caz, se pot efectua mai uşor lucrările de întreținere cu mijloace mecanizate. La cartof, dă rezultate bune plantarea pe direcția curbelor de nivel şi aşezarea cuiburilor în chinconz.

Pentru conservarea solului, în regiunile cu veri ploioase, este recomandabil să se semene culturi succesive furajere sau pentru îngrăşământ verde. Când pe terenul respectiv urmează o cultura de primăvară, plantele semănate pentru îngrăşământ verde se lasă pe teren până primăvara, pentru reținerea zăpezii. În scopul protejării mai bune a solului, odată cu cerealele de toamnă sau de primăvară, se pot semăna o cultura ascunsă, cum ar fi gramineele sau leguminoasele perene. În aceleaşi zone, rezultate bune dau culturile dese, semănate printre rândurile de porumb la praşila a treia. Astfel, se poate însămânța rapița, trifoiul încarnat, trifoiul roşu, etc. *Neamțu T.* (1996), obține rezultate bune folosind pe teren în pantă un agregat cu ajutorul căruia realizează, la o singură trecere a tractorului, pregătirea patului germinativ, semănatul şi erbicidatul porumbului. Pentru valorificarea versantelor afectate de procese de alunecare se pot înființa pajişti pe terenul nivelat şi fertilizat. În bazinul

Scanned with OKEN Scanner

hidrografic Rîmna, jud. Vrancea, au dat rezultate bune amestecul de graminee şi leguminoase format din *Lolium perenne*, *Agropyron pectiniforme*, *Onobrychis viciifolia*, *Medicago sativa*, *Trifolium pratense* (*Popescu Ch.* şi colab., 1983).

La înfiinţarea plantaţiilor viticole şi pomicole, rândurile trebuie orientate pe direcţia curbelor de nivel. Pierderile de sol prin eroziune într-o plantaţie viticolă cu rândurile orientate din deal în vale au fost de 10 - 14 ori mai mari decât la plantaţia înfiinţată cu rândurile orientate pe curbele de nivel iar în livezile întreţinute în sistemul cu ogor negru, pierderile de sol sun de 10 - 11 ori mai mari decât în livezile cu terenul înierbat (tab 4.76).

Tabelul 4.76

Influenţa sistemului de lucrare a solului asupra eroziunii la o pantă de 15 %
(după *Mihai Gh.* şi colab., 1968)

Cultura şi sistemul de lucrare a solului	Pierderi de sol (t/ha)
Vie plantată din deal în vale	70,6
Vie plantată pe direcţia curbelor de nivel	5,2
Plantaţie de viţă de vie cu benzi înierbate	3,4
Livadă cu ogor negru	9,4
Livadă în fâneaţă	0,85

Lucrările de îngrijire pot contribui la stăvilirea eroziunii solului atunci când sunt executate în bune condiţii, pe direcţia curbelor de nivel. Astfel, la culturile prăşitoare se pot înlocui ultimele praşile prin răriţat, obţinându-se o reducere a eroziunii de 2 - 4 ori şi o sporire a producţiei, în cazul porumbului cu 150 - 299 kg/ha (*Costache I.* şi colab., 1968). Rezultate bune s-au obţinut la răriţatul porumbului pe pante până la 20 %. Răriţatul se poate face la al doilea sau al treilea interval când plantele sunt mici şi pe fiecare interval când plantele sunt ceva mai mari. Pe terenuri frământate, răriţatul poate determina adunarea apei în microdepresiuni şi pentru a evita acest lucru, se efectuează răriţatul cu rigole întrerupte prin praguri care au forma unor copci sau microbazine lungi de 70 - 80 cm, late de 35 cm şi adânci de 13 - 15 cm. Acestea reţin apa şi împiedică formarea ogaşelor. Până la panta de 12 - 14 %, aceste rigole se pot executa mecanizat iar pe pante mai mari se folosesc rariţe cu tracţiune animală. Lucrările de recoltare trebuie să se facă, de asemenea, pe direcţia curbelor de nivel. Limitarea procesului erozional la valori tolerabile, impune şi stabilirea judicioasă a elementelor regimului de irigaţie. Experienţe efectuate în condiţiile pedoclimatice din Dobrogea arată ca irigarea prin aspersiune a culturilor amplasate pe versante şi menţinerea cantităţilor de sol erodat sub valoarea de 6 t/ha an, reclamă alegerea şi amplasarea culturilor în funcţie de panta terenului (tab 4.77). După recoltarea culturilor care ajung la maturitate la începutul verii, cum ar fi grâul sau mazărea, trebuie să se însămânţeze culturi în mirişte (succesive) pentru a se asigura protecţia solului împotriva eroziunii în a doua parte a verii şi toamna. Pierderile de apă şi sol pe versante cu diverse pante au avut ca efect diminuarea producţiei cu 7 - 17 % la cartof, 8 - 16 % la mazăre, 5 - 18 % la fasole, 4 - 15 % la soia, 6 - 15 % la in etc (tab. 4.77). Pe terenurile în pantă,

Scanned with OKEN Scanner

apa provenită din precipitații se pierde, în parte, prin scurgere la suprafață. Rezerva de apă utilă găsită în sol la desprimăvărare în zona Colinelor Tutovei a fost cu 35 - 40 % mai mică pe solul puternic erodat. De aceea, irigarea prezintă mare importanță pe versantele cu folosințe agricole. La aplicarea udărilor prin scurgere la suprafață trebuie să se țină seama de relief, însușirile solului, planta cultivată etc, așa cum arată sintetic datele din tabelul 4.78.

Tabelul 4.77

Producția la câteva culturi și pierderile anuale de sol pe diferite pante în condiții de irigare la Valul lui Traian, jud. Constanța (1972 - 1975) (după *Simota H.*, 1976)

Panta terenului (%)	Producția		Pierderi de sol t/ha		Producția		Pierderi de sol t/ha	
	q/ha	%	IV - IX	X - III	q/ha	%	IV - IX	X - III
	Grâu de toamnă				Porumb			
5	42,0	100	2,2	2,1	98,2	100	6,0	1,6
10	40,6	96	3,7	3,5	94,6	96	11,7	3,8
15	39,5	94	5,6	5,1	91,5	93	16,2	5,5
20	38,7	90	9,9	9,4	89,3	90	28,6	10,9
	In pentru ulei				Floarea soarelui			
5	18,1	1,0	1,0	0,8	40,1	100	1,9	1,9
10	17,1	94	1,8	1,0	39,4	98	2,6	1,4
15	16,5	91	2,4	1,2	38,5	96	8,3	6,2
20	15,5	85	5,8	1,4	36,6	91	16,0	11,7
	Mazăre				Fasole			
5	31,3	100	5,0	4,5	33,5	100	1,0	0,5
10	29,0	92	5,9	5,5	31,9	95	1,3	0,8
15	27,1	86	9,3	7,0	29,2	87	5,6	3,3
20	26,5	84	21,0	17,4	27,7	82	9,2	5,5
	Soia				Cartof			
5	27,6	100	0,7	0,20	373,7	100	0,5	0,4
10	26,5	96	1,1	0,40	351,2	93	1,2	0,4
15	25,2	91	1,9	0,90	345,2	92	3,1	1,5
20	23,7	85	3,0	1,3	311,0	83	4,3	2,1

Cercetări întreprinse în Câmpia Moldovei, la S.C.A. Podu-Iloaiei, au dovedit că apa scursă pe versante în timpul sau după aplicarea udărilor, antrenează însemnate cantități de elemente chimice, conținutul total de săruri solubile fiind de circa 4 ori mai mare față de cel existent în apa de irigație (tab 4.79). Dintre anioni s-au remarcat cei de clor, a căror concentrație a crescut de 1,5 - 2,2 ori iar cationii de sodiu și magneziu, în apa scursă s-au regăsit în cantități de peste 3 ori și respectiv de 16 ori mai mari. În general, nu s-au semnalat diferențieri calitative importante ale apei scurse sub diverse culturi, cu excepția conținutului de azot care, a fost mai redus la ogorul negru ca urmare a neaplicării îngrășămintelor la grâul de toamnă. Conținutul ridicat de săruri solubile al apelor scurse la suprafața terenului constituie un motiv serios pentru subordonarea aplicării udărilor cerințelor

Scanned with OKEN Scanner

antierozionale, limitarea acestor pierderi fiind necesară atât pentru obținerea efectelor scontate prin aplicarea fertilizanților și a pesticidelor cât și pentru a se preveni poluarea solului, a apelor de suprafață și mai ales a celei din pânza freatică care, constituie sursa principală de apă potabilă în zona rurală.

Tabelul 4.78

Metoda de udare prin scurgere la suprafață în funcție de condițiile de relief - pentru terenurile cu pante mari (i_t > 5 %) (după *Blidaru V.*, 1997)

Metoda de udare	Relief	Sol	Cultura	Caracteristicile elementelor de udare	Observații
Rigole orizontale (de contur)	Suprafață neregulată cu pante < 20 %	Cu textură medie spre fină și agregate stabile	Pășuni, cereale	Lungimea rigolelor 50-100 m. Distanța între rigole 25-100 m. Debite de revărsare 0,5-0,8 l/s·m.	Nivelare redusă. Se adoptă pe soluri cu profil subțire. Se poate recircula apa scursă.
Rigole înclinate	2 - 6 %		Pășuni, fânețe, cereale	Lungimea rigolelor 50-100 m. Distanța între rigole 20-80 m. Debite de revărsare 0,2-1,2 l/s·m.	Volum redus de modelare. Număr mare de udători.
Planuri înclinate	4 - 6 %		Pășuni	Lungimea rigolelor 7-15 m. Distanța între rigole 6-10 m.	Număr mare de udători.
Brazde de contur	Terenuri cu pante ≤ 8 % și max. 15 % dacă solul este bine acoperit	Rezistent la eroziune	Legume, culturi prășitoare, vii, livezi	Lungimea maximă 150-200 m. Secțiune adâncă funcție de precipitații. Debite < 1 l/s. Distanța între brazde 1,2-1,5 m.	Număr mare de udători. La pante mari înierbarea brazdelor. Rețea de evacuare a scurgerilor. Realizarea corectă a brazdelor. Controlul debitelor.
Corugate	Pante uniforme < 10 %	Cu textură medie și grea	Culturi ce acoperă bine solul (cereale păioase, pășune, lucernă)	Lungime 50-200 m. Secțiune mică 1-1,5 dm^2. Debite < 1 l/s.	Necesită trasare foarte corectă. Limitarea debitelor pentru neeroziune. Colectarea apei scurse.
Brazde orizontale	Relief plan sau terase orizontale	Cu textură medie și fină	Culturi prășitoare	Lungime 100-400 m. Secțiune mare 6-9 dm^2 care acumulează 1/2 din norma de udare. Debite mari 3-3,5 l/s	Volum mare de nivelare. Rețea adecvată pentru evacuare.

Referitor la volumele de apă de irigație, în urma aceloraşi cercetări, s-a constatat ca prin administrarea unor norme de udare de 65 mm, cu intensități ale ploii aspersate inferioare vitezei finale de înfiltrație a apei în sol, pierderile de apă și sol prezintă valori reduse, admisibile. Simularea producerii unor precipitații după aplicarea udărilor a evidențiat creşterea de 3 - 4 ori a scurgerilor lichide și solide la toate culturile experimentate (tab. 4.80). Pentru diminuarea riscului erozional la ploile ce pot surveni în timpul sau după administrarea udărilor, se consideră

Scanned with OKEN Scanner

rațională limitarea normelor la 57 - 72 % din valoarea celor necesare ridicării umidității solului la nivelul capacității de câmp pe întreg stratul fiziologic activ (*Bucur D.*, 1998). De asemenea, este necesară corelarea regimului de irigație cu evoluția probabilă a regimului pluvial, și renunțarea la aplicarea unor udări în intervalele dintre fazele critice pentru apă, adică reducerea normei de irigație, economisirea apei și protecția solului împotriva eroziunii.

Tabelul 4.79

Conținutul de săruri solubile a apei de irigație în comparație cu apa scursă sub diferite culturi la S.C.A Podu-Iloaiei, jud. Iași (după *Bucur D.*, 1998)

Cultura	Anioni (mg ‰)				Cationi (mg ‰)				N_t (%)	CTSS (mg ‰)
	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Na^+	Ka^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}		
	Apă de irigație									
	14,1	113,7	23,5	1818	29,4	3,2	14,7	0,6	0,61	162,4
	Apă scursă									
Ogor negru	23,4	127,1	31,6	337,2	100,5	2,5	16,3	9,7	0,56	647,2
Grâu	21,6	12 4,8	22,4	306,6	90,2	3,4	16,5	8,9	0,66	592,3
Porumb	30,8	129,7	29,0	322,5	110,4	4,2	17,2	9,2	1,25	650,9
Soia	22,9	142,3	33,1	315,6	100,9	4,2	18,1	9,9	1,12	645,0
Sfeclă pt. zahăr	31,7	126,5	22,3	356,3	100,7	5,7	16,7	10,3	1,40	667,3

Tabelul 4.80

Efectul irigării excesive a culturilor pe terenuri în pantă (i_t = 11%) asupra pierderilor de apă și sol la S.C.A Podu-Iloaiei (după *Bucur D.*, 1998)

Anul	Data udării	m mm	i_r mm/h	Ogor negru		Grâu		Porumb		Soia		Sfeclă pentru zahăr	
				Apă scursă mm	Sol erodat t/ha	Apă scursă mm	Sol erodat t/ha	Apă scursă mm	Sol erodat t/ha	Apă scursă mm	Sol erodat t/ha	Apă scursă mm	Sol erodat t/ha
1994	9 V	64,8	10,8	4,8	0,44	1,6	0,00	4,3	0,12	3,9	0,10	4,1	0,12
	10 V	21,6	10,8	18,0	1,55	8,5	0,11	15,2	0,76	12,3	0,47	14,5	0,53
1995	7 VI	55,0	13,2	6,2	0,36	1,2	0,00	4,8	0,19	2,1	0,12	3,9	0,16
	8 VI	35,0	13,5	13,6	0,96	2,0	0,05	8,9	0,88	7,1	0,64	8,2	0,79
	9 VI	40,0	12,8	37,1	3,7	6,0	0,68	22,0	2,12	16,5	1,83	20,0	2,02
1996	21 V	42,0	12,0	4,2	0,22	1,1	0,00	3,2	0,14	2,3	0,10	3,6	0,12
	22 V	40,0	13,3	21,3	1,62	9,6	0,20	17,1	0,89	12,8	0,67	16,7	0,81
	11 VI	40,0	13,2	4,8	0,32	0,5	0,00	2,6	0,10	2,4	0,07	2,9	0,11
	12 VI	40,0	13,2	26,8	1,81	5,3	0,10	12,5	0,92	8,3	0,56	11,9	0,84
1997	3 VI	42,0	12,6	4,1	0,31	1,2	0,03	2,6	0,22	2,0	0,19	3,1	0,20
	4 VI	41,0	12,8	24,0	1,56	8,8	0,13	19,5	0,82	14,3	0,60	20,4	0,76

Scanned with OKEN Scanner

Practica irigării în deficit a culturilor, utilizată frecvent în lume chiar şi pe suprafeţele cvasiorizontale (*English M. et al.*, 1996), se impune cu atât mai mult pe versante căci, odată cu limitarea procesului erozional se obţin sporuri importante de recoltă iar apa de irigaţie este mai bine valorificată.

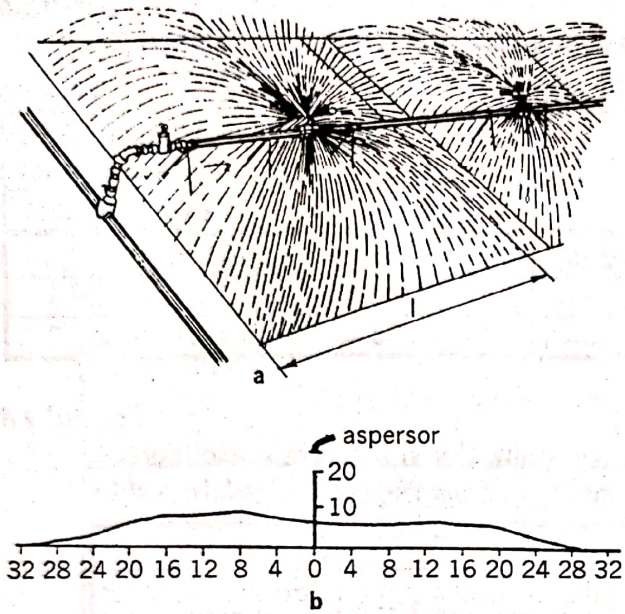


Fig. 4.36 Distribuţia apei la udarea prin aspersiune a - vedere în plan; b - curba pluviometrică a unui aspersor

La udarea prin aspersiune a plantaţiilor de viţă de vie şi pomi fructiferi trebuie să se stabilească cu atenţie tipul de aspersor şi schema de udare căci aspersorul stropeşte inegal zona din amonte faţă de cea din aval din cadrul suprafeţei circulare udate (fig. 4.36).

Pe pajiştile permanente situate în pantă se întâlnesc uneori suprafeţe întinse, ocupate cu arbuşti, muşuroaie sau invadate de buruieni. Aceste pajişti dau producţii foarte mici iar pierderile de sol datorită eroziunii sunt de 8 - 10 ori mai mari faţă de pajiştile temporare cu vegetaţie bogată care, protejează bine solul (tab 4.81). Pe aceste pajişti trebuie să se aplice lucrări de îngrijire pentru crearea condiţiilor mai bune de creştere a speciilor valoroase şi dacă nu se obţin rezultate bune se înfiinţează pajişti temporare. La stabilirea speciilor de graminee şi leguminoase potrivite pentru zona respectivă trebuie să se ia în consideraţie capacitatea plantelor de a forma din primii ani un strat de ţelină încheiată şi îmbunătăţirea unor însuşiri ale solului (structură, permeabilitate etc). Pentru condiţiile pedo-climatice din zona de stepă se recomandă speciile menţionate în tabelul 4.82. Pe pajiştile neerodate trebuie să se ia măsuri de prevenire a eroziunii, cum ar fi: exploatarea raţională, reţinerea apei pe versante etc. De cele mai multe ori, degradarea pajiştilor se datorează păşunatului abuziv, fără a se ţine seama de capacitatea de producţie a ierburilor. La S.C.P.C.P. Cluj, trecerea de la păşunatul raţional, pe curba de nivel, la păşunatul liber cu încărcătură dublă a sporit cantitatea de sol erodat de la 2,4 t/ha la 12,0 t/ha/an (*Lapuşan A.* şi colab., 1989). La cele mai multe asociaţii vegetale, producţiile cele mai mari se înregistrează la ciclul I de păşunat iar după aceea producţia scade foarte mult. De aceea, hrana animalelor trebuie asigurată şi din alte resurse iar pajiştile trebuie folosite numai atunci când vegetaţia acoperă solul în proporţie de cel puţin 70 %. Prin păşunatul neraţional s-a redus în 6 ani, aproape la jumătate producţia de nutreţ şi gradul de acoperire a terenului cu vegetaţie iar leguminoasele aproape au dispărut (tab. 4.83). Pe terenurile în pantă, o bună parte din apa provenită din precipitaţii se scurge la suprafaţă, producând eroziunea solului şi pentru reţinerea ei, pe versantele cu lungimea de 70 - 100 m se pot planta, pe direcţia curbelor de

Scanned with OKEN Scanner

nivel, specii lemnoase sub formă de perdele, cu lățimi de 5 - 7 m. Acestea servesc şi ca adăpost pentru animale în zilele călduroase de vară. De asemenea, se pot trasa pe aceeaşi direcție brazde sau şanțuri, care să intercepteze şuvoaiele de apă.

Tabelul 4.81

Influența vegetației ierboase asupra producției şi eroziunii solului într-o perioadă de 8 ani (după *Dumitrescu N.* şi colab., 1999)

Specificare	Pajişte permanentă degradată - martor (acoperire 50 %)	Pajişte temporară (acoperire 50 %)	
		Păşune	Fâneață
Producția medie anuală de masă verde (kg/ha)	756	8106	8404
Apă scursă (total) (mm)	232	72,9	69,3
Sol erodat (total) (m^3/ha)	102	13,4	11,7

Tabelul 4.82

Proporția de participare în amestec a gramineelor şi leguminoaselor perene pentru înființarea de pajişti temporare (după *Dumitrescu N.* şi colab., 1999)

Modul de folosire	Durata de folosire (ani)	Graminee			Leguminoase		
		Total	din care, cu talie:		Total	din care, cu talie:	
			înaltă	joasă		înaltă	joasă
Fâneață	2 - 3	30	30	-	70	70	-
	4 - 6	60	60	-	40	40	-
Păşune	> 6	70	30	40	30	-	30
Mixt	4 - 6	70	60	10	30	20	10
	> 6	70 - 80	60 - 70	10	30	10	20

Tabelul 4.83

Influența lucrărilor de întreținere în cadrul diferitelor sisteme de exploatare asupra pajiştii temporare de la Doroşcani, jud. Iaşi (după *Dumitrescu N.* şi colab., 1999)

Sisteme de:		Acoperire cu vegetație (%)		Producția de s. u. (t/ha)		Leguminoase (%)	
exploatare	întreținere (fertilizare)	an I	an VI	an I	an VI	an I	an VI
Păşunat nerațional	-	84	47	2,4	1,3	12	1
	$N_{100}P_{50}$	95	76	3,3	2,5	17	2
Păşunat tarlalizat	-	92	61	3,0	1,6	14	12
	$N_{100}P_{50}$	95	84	4,0	4,4	17	16
Păşunat porționat	-	95	69	3,4	2,3	19	15
	$N_{100}P_{50}$	97	100	6,3	6,8	20	22
Cosit	-	93	62	3,2	1,4	16	3
	$N_{100}P_{50}$	95	83	4,9	3,4	18	5

Pe pajiştile degradate de eroziune, pe lângă lucrări de refacere a covorului vegetal, trebuie să se aplice şi unele lucrări speciale, cum ar fi: "stingerea" ogaşelor

Scanned with OKEN Scanner

şi ravenelor, executarea canalelor de coastă, înfiinţarea perdelelor de protecţie şi a plantaţiilor masive etc.

Pe pante foarte mari, unde înierbarea nu se poate realiza, se înfiinţează plantaţii masive din diferite specii lemnoase care cresc bine în zonă şi protejează solul împotriva eroziunii.

La înfiinţarea livezilor pe terenuri în pantă trebuie să se ţină seama că pe versantele expuse spre răsărit îngheţurile târzii de primăvară distrug în mare parte organele florale (tab. 4.84) iar la baza versantelor pierderile sunt mai mari decât la partea superioară a acestora (tab. 4.85).

Tabelul 4.84

Gradul de vătămare (%) a organelor florale la pomi în funcţie de expoziţia versantelor (după *Teaci D.* şi colab., 1985)

Specia / Expoziţia	Prun	Măr	Vişin	Cireş	Păr	Vătămare medie		Diferenţa
						Total specii	Faţă de teren plan	
Teren plan	38,6	49,2	47,0	51,6	30,9	43,5	100,0	Martor
S	27,5	37,0	43,3	48,7	41,0	39,5	90,5	-3,96
V	25,6	11,7	39,5	12,7	19,0	21,7	49,9	-21,8
E	43,5	44,8	29,8	69,2	53,2	48,1	110,7	-4,6
N	23,1	2,5	30,8	15,8	10,0	18,2	41,9	-25,3
Media (%)	33,5	29,0	38,0	39,6	30,8	34,2	-	-

Tabelul 4.85

Gradul de vătămare (%) a organelor florale în funcţie de poziţia pomilor pe versante la baza experimentală Bilceşti (după *Teaci D.* şi colab., 1985)

Specia / Poziţia pe versant	Măr	Păr	Vişin	Vătămare medie		Diferenţa
				Total specii	Faţă de partea superioară	
Partea superioară	10,8	16,9	18,0	15,2	100,0	Martor
Mijlocul versantului	10,9	6,0	36,0	17,6	115,8	2,4
Baza versantului	10,7	20,7	32,0	20,9	137,5	5,7
Media (%)	10,8	14,3	28,7	17,9	-	-

4.6.5 Noi metode de consolidare a versantelor

În ultimele decenii se observă tendinţa de a proteja terenurile în pantă, taluzele şi terasamentele construcţiilor inginereşti prin folosirea unor ţesături artificiale din fibre sintetice sau celulozice, în care sunt încorporate seminţe ale diferitelor amestecuri de ierburi, în funcţie de pericolul eroziunii, importanţa obiectivelor de apărat, panta terenului etc. *Maruşca T.* (1991) recomandă să se folosească pe lângă graminee şi leguminoase perene şi cereale anuale cum ar fi orzul şi ovăzul care cresc rapid în primele faze de vegetaţie şi protejează bine solul. Pânzele din fibre celulozice se autodescompun în aproximativ doi ani iar cele din fibre sintetice după

Scanned with OKEN Scanner

circa cinci ani, timp suficient pentru dezvoltarea sistemului radicular şi a părţilor aeriene ale plantelor, care fixează şi protejează terenul erodat.

Substanţele sintetice, pe baza de polimeri şi copolimeri, aplicate pe terenurile în pantă, sunt absorbite la suprafaţa mineralelor argiloase şi datorită schimbului de cationi, determină formarea agregatelor stabile, măresc permeabilitatea solului şi reduc eroziunea. Asemenea substanţe, numite şi stabilizatori sintetici structurali, se produc în diferite ţări sub denumiri comerciale diverse: *Krilium*, *Separan*, *Verdikung* etc. În România, doi polielectroliţi, *Ponilit GTI* (copolimer acetat de vinil - acid maleic) şi *Ponilit AI* (copolimer acid maleic - stiren) s-au experimentat la Fundulea pe un cernoziom cambic, constatându-se că au îmbunătăţit mult structura solului şi au redus dispersia coloizilor. Aceste efecte favorabile s-au menţinut şi după cinci ani, fiind mai evidente când tratamentul s-a efectuat pe un strat de sol gros de 20 cm iar concentraţia soluţiei a fost de 0,2 % (*Chivulete S.* şi colab., 1994). Prin tratarea solului cu stabilizatori sintetici structurali, la Tâncăbeşti, bazinul hidrografic Snagov, s-a redus densitatea aparentă a solului de la 1,17 g/cm^3 la 1,09 g/cm^3, porozitatea totală a crescut de la 56 % la 59 % iar eroziunea solului s-a diminuat de la 11,2 t/ha la 1,4 t/ha (*Voicu P.* şi colab., 1994).

O altă grupă de substanţe formează la suprafaţa solului un strat subţire, mai rezistent la acţiunea erozivă a apei. Din această grupă fac parte răşinile de sulfaţi, asfalturile, latexul, hidrocarburile alifatice, saturate şi nesaturate, din petrol şi gaz metan etc. S-au obţinut rezultate bune folosind latexul, cu un conţinut de 10 % substanţă uscată.

În Franţa se foloseşte pentru protejarea solului împotriva eroziunii o ţesătură din fibre poliesterice cu rezistenţa mecanică de 20 t/m^2, rezistentă la compresiune, inoxidabilă şi imputrescibilă. Acest material se utilizează la construcţia fundaţiilor, consolidarea taluzurilor la diguri, canale, baraje, terase, drumuri, amenajări de gabioane etc.

În diferite ţări se folosesc aşa numite covoare, fabricate din fibre sintetice, ţesute sau neţesute. Cele de fabricaţie românească sunt uşoare (400 - 600 g/m^2), rezistente la rupere, strivire, forfecare, permeabile pentru apă şi se folosesc la căptuşirea şanţurilor de scurgere şi a debuşeelor, apărarea malurilor, înierbarea terenurilor erodate etc.

Pentru consolidarea şi impermeabilizarea terasamentelor se mai injectează pământul cu mortare fluide, ciment, silicat de sodiu, diferiţi acetaţi, aluminaţi, răşini sintetice etc.

Bibliografie

1. Ailincăi C. şi colab., 1990 - *Influenţa lucrărilor antierozionale asupra eroziunii şi producţiei agricole pe terenuri în pantă din perimetrul etalon C.E.S. Popeşti - Podu Iloaiei, jud. Iaşi*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 1, Bucureşti.
2. Ailincăi C. şi colab., 1992 - *Rezultate experimentale privind rolul asolamentelor şi al îngrăşămintelor la menţinerea şi îmbunătăţirea fertilităţii solului*, Combaterea eroziunii solului şi sporirea producţiei agricole, nr. 1, Iaşi.

Scanned with OKEN Scanner

3. Ailincăi C. şi colab., 1997 - *Cercetări privind evoluţia principalelor însuşiri ale solului sub influenţa sistemului de cultură şi a eroziunii de suprafaţă*, Cercetări agronomice în Moldova, nr. 1, Iaşi.
4. AilincăiC. şi colab., 1992 - *Cercetări privind stabilirea sistemului optim de fertilizare la grâu şi porumb în contextul creşterii producţiei şi fertilităţii solului erodat*, Cercetări agronomice în Moldova, nr. 1, Iaşi.
5. Axinte Stela şi colab., 1982 - *Efectul îngrăşămintelor aplicate pajiştilor înfiinţate pe terenurile alunecate din zona Vrancea*, Cercetări agronomice în Moldova, nr. 4, Iaşi.
6. Bilan I. şi colab., 1979 - *Influenţa unor tehnologii simplificate de lucrare a solului la grâu cultivat după diferite plante în condiţiile cernoziomului levigat din Câmpia Transilvaniei*, Lucrările simpozionului Exploatarea intensivă a terenurilor în pantă, Cluj-Napoca.
7. Blidaru V. şi colab., 1997 - *Amenajări de irigaţii şi drenaje*, Editura Interprint, Bucureşti.
8. Bordeianu T., 1963 - *Metode noi în pomicultură*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
9. Botzan M., 1998 - *Corectarea mediului într-o regiune a Europei unite*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
10. Brown L. R., 1998 - *Conservarea solului*, în: *Probleme globale ale omenirii*, Editura Tehnică, Bucureşti.
11. Bucur D., 1998 - *Măsuri agrotehnice pentru reducerea eroziunii solului pe terenuri în pantă irigate în depresiunea Jijia - Bahlui*, Teză de doctorat, Universitatea „Gh. Asachi" Iaşi.
12. Budoi Gh. şi colab., 1996 - *Agrotehnica*, Editura Ceres, Bucureşti.
13. Chivulete S. şi colab., 1994 - *Cercetări privind efectul imediat şi remanent al tratamentului cu Ponilit GTI şi Ponnilit I asupra structurii solului cernoziom cambic de la Fundulea*, Lucrările Conferinţei Naţionale de Ştiinţa Solului, Tulcea.
14. Cîrlan C. şi colab., 1980 - *Aspecte ale nutriţiei porumbului pe solurile erodate din Podişul Bîrladului*, Cercetări agronomice în Moldova, nr. 3, Iaşi.
15. Costache I. şi colab., 1968 - *Agrotehnica terenurilor în pantă*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
16. Dîrja M., 2000 - *Combaterea eroziunii solului*, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.
17. Domuţa C. şi colab., 1990 - *Comportarea sistemelor antierozionale în perimetrul etalon Pocola, jud. Bihor*, Cereale şi plante tehnice, nr. 7 - 8, Bucureşti.
18. Donciu C., 1965 - *Contribuţii la studiul evapotranspiraţiei potenţiale în România*, Hidrotehnica, nr. 9, Bucureşti.
19. Dornescu D., 1982 - *Influenţa zincului asupra producţiei la unele plante în experienţele de lungă durată în Câmpia Moldovei*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 4, Bucureşti.
20. Dumitrescu N. şi colab., 1982 - *Influenţa vegetaţiei ierboase asupra capacităţii de infiltraţie a apei în Câmpia Moldovei*, Cercetări agronomice în Moldova, nr. 2, Iaşi.
21. Dumitrescu N. şi colab., 1982 - *Influenţa vegetaţiei ierboase asupra capacităţii de infiltraţie a apei în Câmpia Moldovei*, Cercetări agronomice în Moldova, nr. 2, Iaşi.
22. Dumitrescu N. şi colab., 1988 - *Influenţa vegetaţiei ierboase asupra controlului eroziunii solului în silvostepa Moldovei*, Cercetări agronomice în Moldova, nr. 1, Iaşi.
23. Dumitrescu N. şi colab., 1999 - *Amenajarea pajiştilor degradate din zona de silvostepă*, Editura Ion Ionescu de la Brad, Iaşi.
24. Dumitrescu N. şi colab., 1999 - *Cercetări privind combaterea eroziunii solului pe pajiştile din Moldova*, Cercetări agronomice în Moldova, nr. 3 - 4, Iaşi.

Scanned with OKEN Scanner

46. Mircea S., 2003 - *Combaterea eroziunii solului - Eroziunea în adâncime*, Editura Bren, Bucureşti.
47. Moroşanu V. şi colab., 1984 - *Întreţinerea solului în livezile intensive de măr situate pe teren în pantă în condiţiile din nordul Moldovei*, Cercetări agronomice în Moldova, nr. 3, Iaşi.
48. Moţoc M. şi colab., 1975 - *Eroziunea solului şi metodele de combatere*, Editura Ceres, Bucureşti.
49. Moţoc M., 1963 - *Eroziune solului pe terenurile agricole şi combaterea ei*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
50. Moţoc M., 1973 - *Instrucţiuni privind studiile şi calculele necesare la proiectarea lucrărilor de CES*, Redacţia Revistelor agricole, Bucureşti.
51. Moţoc M., 1982 - *Ritmul mediu de degradare erozională a solului în R. S. România*, Buletinul informativ al A.S.A.S., nr. 12, Bucureşti.
52. Mureşan D. şi colab., 1992 - *Irigaţii, desecări şi combaterea eroziunii solului*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
53. Neamţu T., 1996 - *Ecologie, eroziune şi agrotehnică antierozională*, Editura Ceres, Bucureşti.
54. Neamţu T., Gociu M., 1993 - *Variabila timp şi influenţa sa asupra producţiei de porumb pe terenurile în pantă*, Cereale şi plante tehnice, nr. 3 - 5, Bucureşti.
55. Neculce S., 1987 - *Crearea teraselor şi modul lor de comportare în timp în cadrul perimetrului etalon Şomuz, jud. Suceava*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 4, Bucureşti.
56. Nistor D. şi colab., 1979 - *Posibilităţi de sporire a producţiei de porumb pe terenuri în pantă erodate*, Lucrările simpozionului Exploatarea intensivă a terenurilor agricole în pantă, Cluj-Napoca.
57. Nistor D., 1979 - *Metode noi de lucrare a solului pentru porumb pe terenurile în pantă*, Lucrările simpozionului Exploatarea intensivă a terenurilor agricole în pantă, Cluj-Napoca.
58. Nistor Doina, 1979 - *Aspecte ale fertilizării îndelungate la grâu şi porumb pe terenurile în pantă erodate din Podişul Bârladului*, Lucrările simpozionului Exploatarea intensivă a terenurilor agricole în pantă, Cluj-Napoca.
59. Niţu I. şi colab., 2000 - *Lucrările agropedoameliorative*, Editura Agris, Bucureşti.
60. Oldeman L. R., 1991 - *World Map of the Staus of Human - Induced Soil Degradation*, Wageningen, Holland and Nairobi.
61. Onisie T., Jităreanu G., 1999 - *Agrotehnica*, Editura Ion Ionescu de la Brad, Iaşi.
62. Oprea Şt. şi colab., 1963 - *Contribuţii la îmbunătăţirea sistemului de îngrăşare a solului în viile pe rod în condiţiile podgoriilor Aiud - Ciumbrud*, Studii şi cercetări de Agronomie, Editura Academiei Române, Filiala Cluj-Napoca.
63. Oprea Şt., 1995 - *Cultura viţei de vie*, Editura Dacia, Cluj-Napoca.
64. Popa A. şi colab., 1984 - *Combaterea eroziunii solului pe terenurile arabile*, Editura Ceres, Bucureşti.
65. Popa A., 1971 - *Cercetări privind scurgerea şi eroziunea solului în podişul Bîrladului*, Lucr. şt., S.C.C.C.E.S. Perieni, Bîrlad.
66. Popa A., 1977 - *Cercetări privind eroziunea solului şi măsuri de combatere a acesteia pe terenurile arabile din Podişul Central Moldovenesc*, Redacţia materiale de propagandă agricolă, Bucureşti.
67. Popa A., 1978 - *Lucrările solului pe teren în pantă*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 10, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

91. Teaci D. şi colab., 1979 - *Resursele terenurilor agricole situate pe versanţi în România, principalele lor caracteristici şi unele opinii privind utilizarea mai eficientă a acestora în viitor*, Lucrările simpozionului Exploatarea intensivă a terenurilor agricole în pantă, Cluj-Napoca.
92. Teaci D. şi colab., 1985 - *Influenţa condiţiilor de mediu asupra creşterii pomilor în România*, Editura Ceres, Bucureşti.
93. Vintilă Irina şi colab., 1979 - *Utilizarea raţională a îngrăşămintelor într-un asolament de trei ani pe un sol brun argilic puternic erodat*, Lucrările simpozionului Exploatarea intensivă a terenurilor agricole în pantă, Cluj-Napoca.
94. Voicu P. şi colab., 1994 - *Cercetări preliminare privind utilizarea amestecului de sol rezultat în urma spălării prismei drenate şi stabilizate structural cu polielectrolitul ATS - 23,1 cu material drenant în amenajările de desecare-drenaj*, Lucrările Conferinţei naţionale de Ştiinţa Solului, Tulcea.
95. Voiculecu N., 1999 - *Ecopedologia speciilor pomicole*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
96. Wilken Elena, 1996 - *Consecinţele eroziunii solului - Semne vitale 1995. Probleme globale ale omenirii*, Editura Tehnică, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

"Nu poți stăpâni natura
decât supunându-te regulilor ei"
Francis Bacon

V. TERENURI CU UMIDITATEA DEFICITARĂ ŞI VALORIFICAREA LOR

5.1 Poluarea atmosferei şi efectul de seră

Atmosfera este formată din patru straturi de aer: troposfera, stratosfera, mezosfera şi termosfera dar, pentru vieţuitoarele terestre prezintă importanţă troposfera inferioară care, vine în contact cu suprafaţa solului şi are o grosime de 1 - 3 km. Aerul din această parte a atmosferei este format, în cea mai mare parte, din azot şi oxigen dar mai conţine şi alte gaze (v. tab. 3.11).

Numeroasele şi variatele activităţi umane şi în special industria, agricultura şi transporturile produc diverse gaze şi particule în suspensie care ajung în atmosferă, determinând poluarea acesteia. Se apreciază că pe plan mondial, cantitatea de bioxid de carbon eliminat în atmosferă depăşea 5.700 milioane tone pe zi, oxizii de azot 66 milioane tone pe zi etc (tab. 5.1). În anul 1987, se ajunsese la peste 3,5 t de poluanţi pentru fiecare locuitor al ţărilor puternic industrializate (tab. 5.2).

Tabelul 5.1

Cantităţile de poluanţi eliminaţi în atmosferă, pe plan mondial, proveniţi din industrie, agricultură şi transporturi (mil t/zi) (după *Negulescu M.* şi colab., 1995)

Substanţe poluante	Proveniența		
	industrie	agricultură	transporturi
Dioxid de carbon	3500	1200	1050
Metan	84	230	-
Oxizi de azot	30,2	8	28,6
Amoniac	7	28	-
Oxizi de sulf	89	2	3,0
Particule în suspensie	23	20	7,4
Hidrocarburi	26	-	21,2
Clorofluorocarburi	12	-	-
Monoxid de carbon	-	-	106,2

Concentraţia atmosferei în bioxid de carbon a crescut de la 290 ppm în anul 1880, la peste 380 ppm în anul 2002, datorită sporirii cantităţilor de combustibili folosiţi în industrie, agricultură, transporturi etc, precum şi defrişării şi incendierii pădurilor şi reducerii cantităţii de bioxid de carbon pe care o absorbeau arborii din atmosferă. Acest gaz (CO_2), împreună cu metanul (CH_4), protoxidul de azot (NO_2) şi alţi poluanţi formează în atmosferă un înveliş gazos numit "gaz de seră", care împiedică ajungerea în stratosferă a radiaţiilor infraroşii, provenite de la soare şi

Scanned with OKEN Scanner

reflectate de suprafața globului terestru (fig. 5.1). Acest fenomen, cunoscut sub numele de "efect de seră", determină importante schimbări climatice iar temperatura medie la suprafața solului a crescut evident în ultimul secol (fig. 5.2).

Tabelul 5.2

Evoluția emisiilor de carbon în atmosferă în diferite țări
(după *Worldwatch Institut SUA*, 1990)

Țara	Carbon			
	total (mil tone)		pe cap de locuitor (tone)	
	1960	1987	1960	1987
SUA	791	1224	4,38	5,03
Canada	52	110	2,89	4,24
Australia	24	55	2,33	4,00
Fosta URSS	396	1035	1,85	3,68
Arabia Saudită	1	45	0,18	3,60
Anglia	149	182	2,68	2,98
Italia	161	156	3,05	2,73
Japonia	64	252	0,69	2,12
Franța	30	102	0,60	1,78
Mexic	75	95	1,64	1,70
Coreea de Sud	3	44	0,14	1,14
Mondial	2547	5599	0,82	1,08

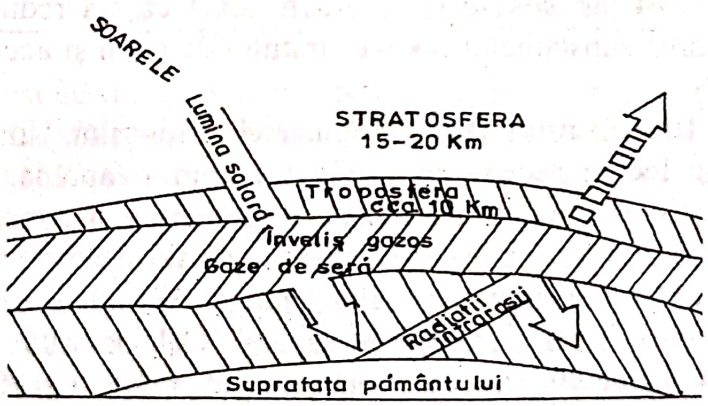


Fig. 5.1 Efectul de seră (după *Negulescu M.* şi colab., 1995)

La Summitul pentru Mediu şi Dezvoltare Durabilă de la Rio de Janeiro din 1992 s-au stabilit, printre altele, şi trei convenții:

- ✓ Convenția Națiunilor Unite privind schimbările climatice;
- ✓ Convenția privind deşertificarea planetei;
- ✓ Convenția privind protecția biodiversității.

La Conferința Mondială asupra Dezvoltării Durabile, desfăşurată în cadrul O.N.U la Johannesburg, în Africa de Sud, în anul 2002 s-a arătat că în ultimele două decenii, în Europa, se remarcă o scădere a emisiilor de gaze poluante.

Scanned with OKEN Scanner

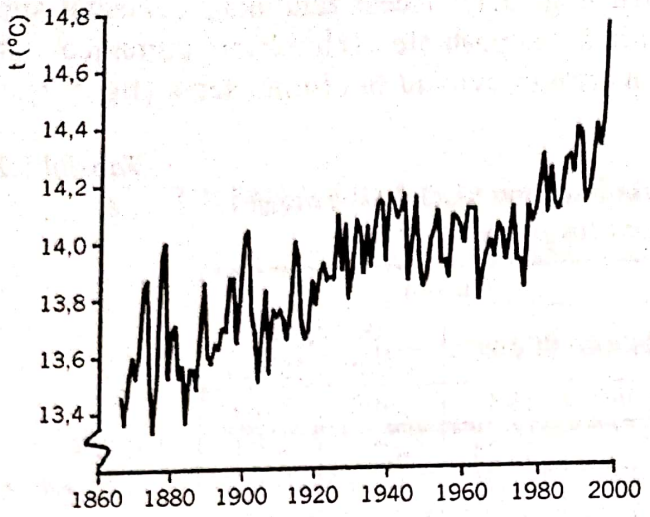


Fig. 5.2 Temperatura medie la suprafața Terrei în perioada 1866 - 1998 (după *Brown L. R.*, 1999)

Cercetările efectuate în a doua jumătate a secolului XX, au dovedit că cluoro-fluoro-carburile (CFC) şi alte substanțe dăunătoare deteriorează stratul de ozon din atmosferă, care ne protejează de razele ultraviolete, venite de la soare. Din această cauză, la suprafața globului sporeşte volumul radiațiilor ultraviolete B, dăunătoare pentru om, animale şi plante. Prin Convenția de la Viena, din anul 1985, şi protocolul încheiat în 1987 la Montreal (Canada), statele semnatare, printre care şi țara noastră, se angajau să oprească producerea de substanțe care epuizează stratul de ozon. La sfârşitul anului 1999, la Beijing, reprezentanții a 72 de țări au fost avertizați de specialişti că gaura din stratul de ozon a atins, în luna septembrie 1999, suprafața de circa 22 mil. km^2 şi o reducere cu încă un procent a stratului de ozon poate produce o creştere a numărului de îmbolnăviri de cataractă la circa 150.000 de locuitori ai Terrei.

La Conferința de la Johannesburg s-a menționat, ca mesaj pozitiv, faptul că în ultimul timp, din 114 țări sosesc mesaje care arată că s-a redus cu circa 85 % producția şi utilizarea substanțelor nocive stratului de ozon şi aceasta a determinat refacerea lui.

La cea de-a III-a Conferință a Organizației Națiunilor Unite, referitoare la climă, care a avut loc în decembrie 1997, la Kyoto - Japonia, s-a arătat că, în următoarele două decenii, temperatura medie a globului poate spori cu 1,0 - 3,5 °C datorită efectului de seră. Specialiştii în climatologie şi meteorologie din 99 de țări, reuniți tot în cadrul Organizației Națiunilor Unite la Shanghai, China, la începutul anului 2001, au ajuns la concluzia că, în secolul XXI, datorită efectului de seră, temperatura medie a globului terestru ar putea creşte cu 1,5 - 6,0 °C.

5.2 Schimbările climatice din ultimele decenii şi extinderea zonelor aride

În anul 1980, deşertul ocupa 61 % din suprafața zonelor aride de pe glob (tab. 5.3), remarcându-se Africa sahelianã şi Asia de Est, cu peste 80 % deşert. Terenurile ocupate în trecut de pajişti s-au transformat, în proporție de 80 - 85 %, în deşert în Africa de Sud şi Asia de sud-est. O hartă mondială a înaintării deşertului, din anul 1997, arăta că se aflau în zona de risc în Europa 2 % din suprafață, în Americi 19 %, în Asia 31 %, în Africa 39 % şi în Australia 75 %. Cele mai amenințate regiuni se găseau în California, Chile, Argentina, nord-estul

Scanned with OKEN Scanner

Braziliei, o mare parte din Africa, Irak, Pakistan, Turcia, Spania, nord-vestul Australiei. În zonele aride se aflau în anul 1983 un număr de 820 mil locuitori, din care 135 mil erau grav afectați de procesele deșertificării (*Coman Gh.*, 1996). Pentru ameliorarea condițiilor de viață în aceste zone trebuie să se asigure utilizarea rațională a solului, încetatul păşunatului abuziv, stabilizarea dunelor de nisip, plantarea perdelelor de protecție, împădurirea terenurilor şi practicarea unei agriculturi potrivite pentru arealele respective.

Tabelul 5.3

Suprafața deșertului din zonele aride de pe glob în anul 1980 (după *Mabbut*, 1984)

Continente, țări şi zone	Suprafața totală din zone aride		Pajişti în zonele aride		Alte folosințe ale terenului	
	10^6 ha	Deşert %	10^6 ha	Deşert %	10^6 ha	Deşert %
Africa sahelianã	473	88	380	62	93	78
Africa de Sud	304	80	250	80	54	52
Bazinul mediteranean	177	64	110	70	47	45
Asia de est	145	82	116	85	26	71
Asia de sud	359	70	150	85	209	70
URSS (fosta)	298	55	250	60	48	29
China şi Mongolia	315	69	300	70	15	44
Australia	491	23	450	22	41	30
America de Nord	405	40	300	42	105	35
America latinã	293	71	250	72	43	74
Total	3257	61	2556	62	701	54

În extremitatea de sud a Saharei, deşertul s-a extins în ultimii 50 - 60 de ani cu circa 65 mil ha. La sfârşitul lunii octombrie 2002, la Delhi, capitala Indiei, a avut loc Conferința O.N.U. asupra climatului, la care au participat reprezentanți a 185 de țări şi s-a analizat stadiul reducerii nivelului gazelor poluante care produc efectul de seră. Conform protocolului încheiat la Kyoto, emisiile acestor gaze trebuia să se reducă cu 5,2 % până în anul 2002, în comparație cu nivelul din 1990. S-a constatat că din 1990 până în 2000, emisiile din țările puternic industrializate au sporit cu 8,4 %; în schimb, în țările fostei URSS şi în cele est europene, emisiile nocive au scăzut cu 38 % ca urmare a crizei economice prin care o traversează. Următorii ani sunt aşadar decisivi.

Specialiştii de la Universitatea din Zurich anunțau în anul 2002 că volumul de gheață din Alpi este cu 50 % mai mic decât în anul 1850, datorită încălzirii vremii iar suprafața ghețarilor s-a redus cu 40 %. Se estimează că până în anul 2050 se vor fi topit toți ghețarii de pe aceşti munți. În Pirineii francezi şi spanioli, din 27 ghețari existenți în anul 1980 într-o anumită zonă, au mai rămas doar 13. În Africa, muntele Kilimanjaro şi-a pierdut 82 % din învelişul de gheață existent în 1912.

În lanțul himalaian din Asia, viteza de topire a ghețarilor a ajuns la 15 m/an şi se aşteaptă revărsarea a 44 lacuri alpine, care amenință teritoriile Kashmirului, Nepalului etc. O creştere a temperaturii medii globale cu 0,06 °C/an, va spori de 5

Scanned with OKEN Scanner

ori suprafața lacurilor alpine. Ghețarii din masivul Tien Shan, dintre Rusia și China, au pierdut 22 % din volum în ultimii 40 de ani.

În țara noastră, s-a înregistrat, în anul 2002, o temperatură medie cu 1,6 °C mai ridicată decât media anilor 1961 - 1990. În februarie 2002, temperatura medie a fost cu 5 °C mai mare decât media multianuală. Au fost excesiv de calde lunile februarie, martie, mai, iunie, iulie și septembrie. Seceta s-a manifestat din ianuarie până în iunie, deficitul de apă fiind de 108,8 mm față de 329 mm precipitații cât este media multianuală. În acest interval, au avut loc patru furtuni, din care cea mai intensă s-a produs la Făcăieni, jud. Ialomița, soldată cu pagube de 2043,3 miliarde lei.

Aceste schimbări climatice se resimt, în special, la altitudini medii și ridicate și mai mult deasupra uscatului. În emisfera nordică, creșterea temperaturii, scăderea umidității aerului și vânturile uscate prelungesc perioada de secetă atmosferică și determină apariția secetei pedologice și uscarea plantelor. Este dăunătoare, în special, seceta care apare primăvara și la începutul verii, când plantele au rădăcinile slab dezvoltate iar părțile aeriene nu acoperă bine solul. Seceta poate provoca cele mai mari daune cerealelor în perioada de formare a organelor generative și, în special, a celulelor mamă a polenului. S-a constatat că polenul provenit de la plantele care au suferit de secetă germinează doar 40 % iar de la celelalte plante 78 %. Seceta, uraganele și alte catastrofe naturale au frecvență mai mare în ultimii 20 de ani iar pagubele produse în perioada 1990 - 1999 sunt estimate la 650 miliarde dolari. Radiațiile ultraviolete B sunt dăunătoare pentru plantele agricole; astfel, s-a constatat că la soia recolta poate scădea cu circa 25 %.

În România, temperaturile înregistrate la București-Filaret în perioada 1880 - 1994 au oscilat între valorile medii extreme de 8,9 °C și 12,4 °C, manifestând o vizibilă tendință de creștere (fig. 5.3) iar în jud. Mehedinți, în așa-numitul „triunghi al secetei" temperatura la suprafața solului a ajuns la 70 - 75 °C. Odată cu creșterea temperaturii sporește cantitatea de apă evaporată. La 0 °C atmosfera este saturată cu 1 g vapori la 1 m^3 aer, la 10 °C sunt necesari 9,2 g/m^3, la 30 °C cerința fiind de 30 g/m^3 de aer.

Metabolismul plantelor agricole se desfășoară normal la temperatura de 18 - 20 °C iar la cele pretențioase față de căldură (orez, sorg etc) la 25 - 35 °C. În unele zone din România cad puține precipitații (Dobrogea, sudul Moldovei, Câmpia Română etc) iar plantele se usucă înainte de a ajunge în faza de recoltare, căci pierderile de apă prin evapotranspirație depășesc capacitatea lor de a se hidrata. Chiar în nordul țării, în Câmpia Crișurilor, determinări făcute în perioada 1976 - 1999 au arătat că rezerva de apă din sol, pe adâncimea de 0 - 75 cm, a scăzut sub plafonul minim un număr de zile reprezentând 62,9 % din perioada de vegetație a porumbului neirigat (*Domuță C.* și colab., 2001).

Insuficiența apei determină plantele să treacă prin două faze. Mai întâi încearcă să se adapteze condițiilor de secetă, reducându-și numărul de frunze, începând cu cele bătrâne și stagnează, în general, creșterea părților aeriene dar continuă dezvoltarea rădăcinilor în căutarea de noi surse de apă. Dacă seceta continuă, plantele trec în faza de supraviețuire, încetinind și creșterea rădăcinilor iar metabolismul se reduce la minim. La unele specii de plante această fază poate

Scanned with OKEN Scanner

dura numai câteva ore iar la altele câteva luni, până ce activitatea vitală încetează. Când plantele ajung la ofilirea de lungă durată, se deshidratează toate țesuturile şi se dereglează întreg procesul metabolic. Se modifică schimbul normal de substanțe între plantă şi mediu, prin creşterea permeabilității membranelor celulare. Se intensifică activitatea enzimelor hidolizante şi glucidele se consumă datorită respirației care se intensifică. Se modifică structura submicroscopică a protoplasmei celulare, vâscozitatea ei şi structura mitocondriilor. Datorită hidrolizei proteinelor apare amoniacul toxic, sporeşte conținutul în amide şi la plantele rezistente la secetă se intensifică procesul de sinteză a proteinelor. La începutul declanşării secetei, fotosinteza se intensifică, apoi scade mult datorită închiderii stomatelor, insuficienței bioxidului de carbon, perturbării sintezei clorofilei, modificărilor care se produc în reacțiile fotochimice, reducerii scurgerii asimilatelor din frunze etc. Apa din protoplasma celulei suferă modificări structurale sub acțiunea diferiților ioni iar insuficiența apei duce la modificări esențiale în macromoleculele substanțelor proteice.

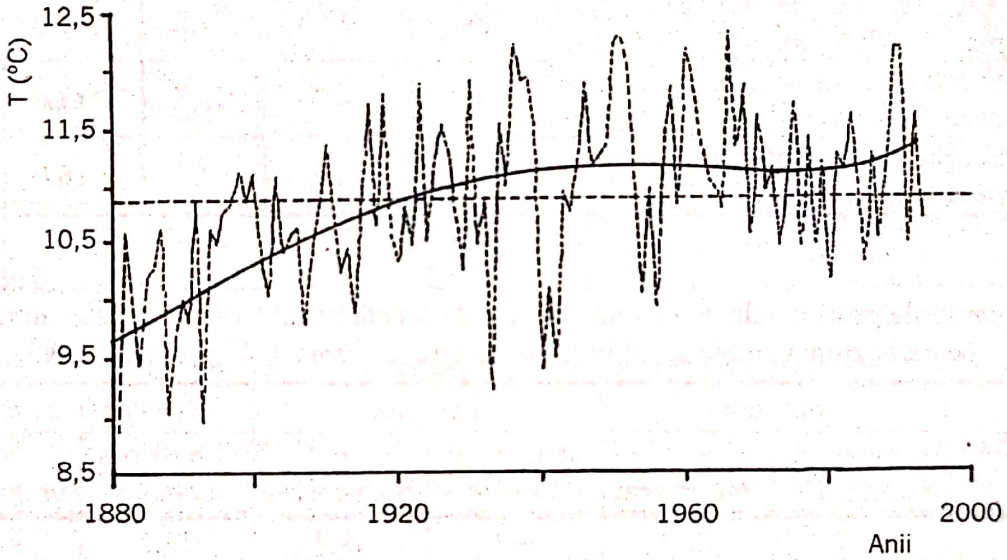


*Fig. 5.*3 Evoluția temperaturilor medii anuale la Bucureşti - Filaret în perioada 1881 - 1993 (după *Podani M.* şi colab., 1996)

Seceta provoacă restructurări esențiale în sistemul hormonal al plantelor, scade conținutul în hormoni ai creşterii - auxine, gibereline etc. se acumulează proteine hidrofile care leagă însemnate cantități de apă, se elimină etilenă. La grâu, scăderea conținutului de apă cu 8 - 9 % sporeşte de 30 de ori sinteza etilenei (*Tarhon P.*, 1993). La cartof, seceta a redus cu 50 % producția de tuberculi şi cu 25 % conținutul lor în substanță uscată (tab. 5.4). În anul 1998, în Podişul Moldovei şi nordul Bărăganului seceta a redus recolta cu 37,6 - 93,2 % la porumb, 33,4 - 65,6 % la lucernă etc (tab. 5.5). Pe la începutul lunii august 2001, Ministerul Agriculturii şi Alimentației anunța că au fost calamitate, datorită secetei, în zonele sudice din țară, 45 % din suprafețele însămânțate cu floarea-soarelui, 33 % cu soia, 24 % cu porumb, 14 % cu culturi furajere, 8 % cu legume etc. În anul 2002, au fost afectate

Scanned with OKEN Scanner

de secetă circa 1,5 mil ha din 29 județe, cu o valoare a pierderilor estimată la 7.382 miliarde lei. Pierderile de recoltă au fost de 21 % la rapiță, 14,6 % la grâu, 12,7 % la orz, 8 % la orzoaică, 4,1 % la ovăz etc. În anul 2003, au fost compromise culturile de grâu din sud-estul țării pe 240.000 ha iar lipsa furajelor a determinat sacrificarea animalelor. Datorită secetei din Europa, debitul Dunării la Buziaș a scăzut în luna iulie 2003 la numai 3.000 m^3/s, față de media multianuală a lunii de 5.500 m^3/s. Se apreciază că din întreaga suprafață arabilă a țării, 2 % este supusă unei secete extrem de severe, 28 % secetei severe și 60 % secetei moderate.

Tabelul 5.4

Producția de tuberculi și calitatea acestora în funcție de secetă în diferite perioade de vegetație (după *Săndoiu D.*, 1965)

Perioada de secetă	Apă utilă	Producție (g/vas)	Compoziție tuberculi		
			Proteină brută (%)	Amidon (%)	Substanță uscată (%)
Apă suficientă pe întreaga perioadă de vegetație	3/3	580	16,3	79,2	21,5
Secetă de la răsărire până la îmbobocire	1/3	248	14,7	76,7	17,8
Secetă de la îmbobocire până la maturitate	1/3	335	16,8	62,7	16,0

Tabelul 5.5

Pierderile procentuale de recoltă produse de secetă în anul 1998 la unele culturi pe cernoziom cambic și sol brun roșcat (după *Cismaru C.* și colab., 1999)

Stația	Porumb		Lucernă		Sfeclă pentru zahăr	
	cernoziom cambic	sol brun-roșcat	cernoziom cambic	sol brun-roșcat	cernoziom cambic	sol brun-roșcat
Iași	39,2	62,9	34,6	49,8	33,5	45,5
Bârlad	37,6	62,3	33,4	48,8	32,5	44,3
Huși	44,2	68,6	37,7	53,0	37,4	49,2
Vaslui	41,9	67,0	36,4	52,0	35,8	47,9
Tecuci	57,1	79,2	45,2	60,2	45,0	55,5
Galați	61,7	82,9	47,9	62,0	48,1	59,2
Brăila	76,5	-	56,9	-	57,8	-
Buzău	73,1	-	54,9	-	55,8	-
Făurei	92,3	-	65,6	-	67,9	-
Feteşti	67,5	-	51,9	-	52,2	-
Slobozia	71,2	-	53,8	-	54,4	-

În ultimii ani, debitul râurilor a scăzut la 50 % în zona de munte și sub 30 % în zona de câmpie. Pentru a opri acest dăunător proces, în luna iunie 2002 a fost lansat un program de combatere a secetei și deșertificării, în care se arată că pe

Scanned with OKEN Scanner

glob există peste 110 țări, pe toate continentele (din care 5 țări aparțin Uniunii Europene) care sunt afectate de secetă. O treime din suprafața globului cuprinde terenuri aride. Dintre cele cu folosință agricolă, 70 % sunt moderat sau puternic afectate. Pierderile datorită deșertificării sunt apreciate la 42 miliarde dolari.

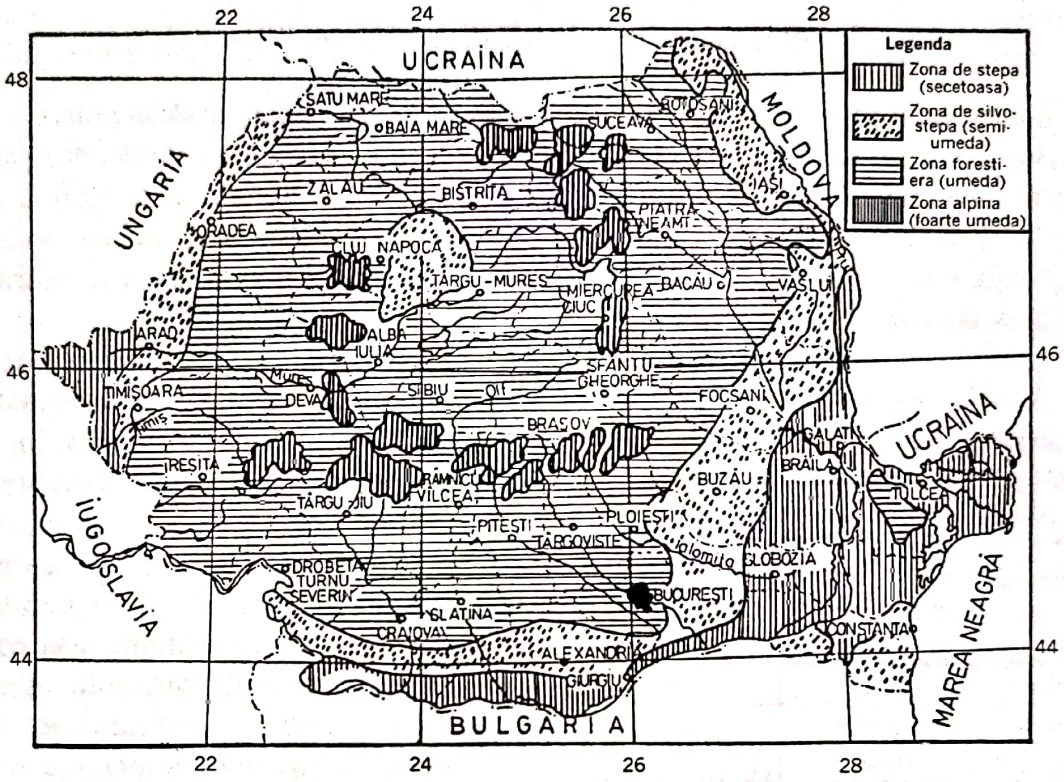


*Fig. 5.*4 Zonele pedoclimatice şi de vegetație din România

În România, în ultimii 20 de ani, ponderea anilor secetoşi a crescut de la 34 % la 80 %. Se produce degradarea terenurilor în zonele de stepă şi silvostepă (fig. 5.4).

5.3 Valorificarea terenurilor cu umiditatea deficitară

În zonele cu umiditate insuficientă se impune extinderea suprafețelor irigate, folosirea soiurilor de plante rezistente la secetă, revizuirea tehnologiei de cultură a unor specii valoroase de plante, împădurirea suprafețelor cu terenuri degradate datorită deşertificării etc.

Relieful României şi condițiile pedoclimatice din diferite zone influențează factorii de vegetație care limitează, în unele cazuri, producția agricolă. Apa reprezintă unul din aceşti factori, cu implicații majore asupra valorificării fertilității solului. Pentru ca solul să asigure creşterea normală a plantelor nu este suficient să conțină destule substanțe nutritive ci trebuie să aibă şi suficientă apă şi aer, să asigure circulația apei şi creşterea rădăcinilor. În țara noastră, pe aproximativ 7,1 mil ha se resimte frecvent deficitul de umiditate şi trebuie să se ia măsuri energice şi urgente pentru atenuarea efectelor secetei. În general, trebuie să se urmărească cu

Scanned with OKEN Scanner

perseverență înmagazinarea în sol a unor cantități cât mai mari de apă, provenite din precipitații și reducerea consumului inutil de apă prin evaporația și transpirația buruienilor. Un sol luto-argilos poate reține, până la adâncimea de 1 m, circa 350 mm apă/ha, din care circa 200 mm ușor accesibili plantelor.

5.3.1 Particularitățile culturii plantelor pe teren neirigat

Pentru înmagazinarea și conservarea apei în sol este necesar să se aplice o gamă de măsuri potrivit reliefului, tipului de sol, condițiilor climatice și plantei cultivate. În general, plantele consumă 350 - 700 unități apă pentru o unitate de substanță uscată (*Pop E.* și colab., 1964) dar consumul de apă este influențat de numeroși factori, după cum s-a arătat în capitolul 3. Sporirea conținutului în substanțe nutritive a solului poate reduce consumul de apă cu 17 - 30 % (*Turciu V.*, 1984).

Tabelul 5.6

Evaporarea apei din sol cu agregate de diferite mărimi și sub formă de pulbere (după *Oanea N.* și colab., 1961)

Agregate ø (mm)	Cantitatea de apă evaporată prin uscare la aer în 36 zile	
	g/cm^3	%
Pulbere	0,104	100
0,5 - 1,0	0,095	91
2,0 - 5,0	0,083	80
> 6 mm	0,075	72

Îngrășămintele organice sporesc conținutul în humus și îmbunătățesc structura solului, contribuind în mare măsură la acumularea și păstrarea apei în sol. *Pfeiffer E.* (1971) arată că pe solul cu un conținut bogat în humus de până la 5 - 6 % nu se resimte nici seceta și nici excesul de umiditate, așa cum se manifestă pe solurile sărace în substanță organică. Humusul asigură un regim favorabil de circulare a apei și a aerului, precum și posibilitatea ridicată de schimb cationic și saturarea complexului argilo-humic cu baze schimbabile. El exercită o acțiune de tamponare asupra exceselor diferitelor componente nutritive din sol, mărește energia de absorbție a fosforului de către rădăcini și reduce pericolul apariției clorozei, deoarece poate reține de 10 ori mai mult fier decât greutatea sa (*Oprea C. V.* și *Calancea L.*, 1985). Un gram de humus poate reține 3 - 5 g de apă, având și capacitate mare de a complexa ionii metalici. Cercetări menționate de *Dorneanu A.* (1976) au arătat că grâul cultivat pe un sol cu structură a consumat 760 cm^3 de apă pentru a sintetiza un gram de substanță uscată, iar pe un sol pulverizat, fără structură, consumul de apă a fost de 817 cm^3/g. Solul fără structură (în stare de pulbere) pierde prin evaporație o cantitate de apă cu 28 % mai mare decât solul cu agregate de peste 6 mm (tab. 5.6). Experiențe organizate, în câmp și case de vegetație, pe un sol cu umiditatea de 50 % sau 70 % din capacitatea de câmp, doza de 30 t/ha compost a sporit fotosinteza plantelor de porumb cu 0,06 - 0,30 cm^3 CO_2/dm^2·oră iar coeficientul de transpirație s-a redus cu 12 - 34 g apă/g substanță uscată (tab. 5.7). Rezultă deci că, folosind ca îngrășământ gunoiul de grajd, compostul obținut din diferite deșeuri și reziduuri fermentabile sau nămolul de la stațiile de epurare (lipsit de metale grele și alte substanțe toxice) se poate atenua, în mare măsură, efectul dăunător al secetei. Cercetări organizate în diferite centre din țară au dovedit că, în

Scanned with OKEN Scanner

anii secetoşi, dă rezultate bune gunoiul de grajd bine fermentat, încorporat în sol odată cu arătura de toamnă la adâncimea de 20 - 22 cm. Gunoiul nefermentat, încorporat superficial, la 12 - 14 cm, menţine terenul afânat şi înlesneşte pierderea apei prin evaporare, reducând recolta (*Zamfirescu N.* şi colab., 1953).

Tabelul 5.7

Influenţa umidităţii solului şi compostului asupra transpiraţiei şi fotosintezei la plantele de porumb (după *Ionescu Al.* şi colab., 1996)

Umiditatea solului (% CC)	Compost (t/ha)	Fotosinteza (cm^3 CO_2/dm^2·oră)		Transpiraţia (g apă/g s.u.)		
		1 - 10 V	11 - 20 V	1 - 10 V	11 - 20 V	iunie
50	-	2,94	2,22	292	310	338
50	30	3,00	2,52	280	382	315
70	-	3,21	4,50	330	358	380
70	30	3,32	4,68	300	340	346

Îngrăşămintele minerale, aplicate în doză şi proporţie potrivite, sporesc concentraţia soluţiei solului şi pot reduce aproximativ la jumătate consumul de apă la diferite specii de plante (tab. 3.20). La un conţinut redus de apă al solului, procesele de nitrificare şi fixare a azotului atmosferic nu se desfăşoară corespunzător (tab. 5.8), însă îngrăşămintele pot completa insuficienţa azotului din sol. În zonele secetoase, îngrăşămintele fosfatice, asociate cu cele azotoase, reduc în mod evident consumul de apă la grâu (tab. 3.21) şi la alte culturi. Pe lângă îngrăşămintele cu azot, fosfor şi potasiu prezintă importanţă şi unele microelemente cum sunt zincul, cuprul, borul etc (tab. 5.9). La stabilirea dozelor de îngrăşăminte trebuie să se ţină seama, pe lângă alţi factori, şi de conţinutul de apă al solului; în zonele secetoase, dozele mari de îngrăşăminte sporesc prea mult concentraţia soluţiei solului şi pot determina scăderea recoltei sau chiar uscarea plantelor. La o cultură de cartof cu umiditatea solului de 50 - 75 % din capacitatea pentru apă în câmp, îngrăşămintele au sporit recolta de 2 - 2,5 ori, iar la umiditatea solului de numai 25 % din capacitatea de câmp recolta s-a redus la jumătate faţă de terenul nefertilizat (tab. 5.10). Prezintă importanţă şi adâncimea de încorporare a îngrăşămintelor, căci ele stimulează dezvoltarea rădăcinilor la adâncimea respectivă (tab. 5.11). În zonele de stepă este de dorit ca plantele să-şi dezvolte rădăcinile în profunzime, încorporarea îngrăşămintelor în sol cu ajutorul grapei la numai 5 - 8 cm adâncime a redus recolta la cerealele de primăvară, în anii secetoşi, sub nivelul martorului. În aceleaşi condiţii pedoclimatice, îngrăşămintele încorporate în sol odată cu arătura, la 18 - 21 cm adâncime, au sporit recolta cu 17,6 % la porumb, 32,6 % la orz şi 34,1 % la ovăz (*Zamfirescu N.*, şi colab., 1954).

Pentru buna acumulare şi conservare a apei în sol, o mare importanţă prezintă asolamentul şi sistemul de lucrări aplicate solului, soiul sau hibridul cultivat etc. În general, alegerea sortimentului potrivit de plante şi gruparea lor în asolament determină valorificarea mai bună a apei şi a elementelor nutritive din sol şi obţinerea unor producţii mai mari decât în monocultură.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.8

Influența umidității solului asupra nitrificării și fixării azotului atmosferic (după *Staicu I.*, 1969)

Umiditate a solului (%)	Acumularea de azotați (nitrificare)	Cantitatea de azot atmosferic fixat
	valori relative (100 = maximum)	
4	11	30
8	17	25
12	31	25
16	62	38
20	85	45
24	100	75
28	40	100
32	9	90
36	0	45
40	0	25

Tabelul 5.9

Influența îngrășămintelor minerale asupra producției de floarea-soarelui la S.C.A. Mărculești (1977 - 1983) (după *Vasiuc I.* și colab., 1984)

Varianta	Producția (q/ha)	Diferența (q/ha)	Diferența (q/ha)	Diferența (q/ha)
Neângrășat	21,7	Mt	-	-
N_{80}	24,2	2,5	Mt	-
$N_{80}P_{50}$	28,2	6,5	4,0	Mt
$N_{80}P_{50}$ + zinc	30,5	8,7	6,3	2,3
$N_{80}P_{50}$ + cupru	31,1	9,4	6,9	2,9
$N_{80}P_{50}$ + bor	30,9	9,2	6,7	2,7
$N_{80}P_{50}$ + molibden	30,6	8,9	6,4	2,4

Tabelul 5.10

Influența îngrășămintelor și a umidității solului asupra producției de tuberculi la cartof (după *Zamfirescu N.* și colab., 1965)

Umiditatea solului (% CC)	Producția de tuberculi (g/plantă):	
	fără îngrășământ	cu îngrășământ
25	91	43
50	251	653
75	296	764

La I.C.C.P.T. Fundulea, grâul cultivat într-un asolament de 5 ani a produs cu 7 - 22 % mai mult decât în monocultură, porumbul cu 1 - 11 %, floarea-soarelui cu 12 - 36 % etc (tab. 5.12). Leguminoasele (mazărea, soia, lucerna, trifoiul etc) introduse în asolament alături de alte culturi (grâu, porumb etc) pot determina însemnate sporuri de recoltă, fără cheltuieli suplimentare (tab. 5.13). Pe versante, o

Scanned with OKEN Scanner

mare parte din apa provenită din precipitații se poate scurge la suprafața solului, producând eroziunea. Pentru a stăvili acest dăunător proces de pierdere a apei și de degradare a solului trebuie să se cultive plante bune protectoare ale solului și să se aplice o agrotehnică adecvată.

Tabelul 5.11

Distribuția rădăcinilor de orz (% din masa totală a plantei) într-un sol lutos, în funcție de adâncimea de îngropare a îngrășămintelor (NPK) (după *Glimeroth*, citat de *Budoi Gh.*, 1996)

Adâncimea de determinare a masei de rădăcini (cm)	Adâncimea la care s-au îngropat îngrășămintele (cm)		
	0 - 18	18 - 36	36 - 54
	Greutatea rădăcinilor (% din masa totală a plantei)		
0 - 18	50	35	27
18 - 36	30	45	33
36 - 54	20	20	40

Tabelul 5.12

Influența plantei premergătoare asupra producției unor culturi (monocultură = 100 %) la ICCPT Fundulea (media pe 6 ani) (după *Sin Gh.*, citat de *Guș P.* și colab., 1998)

Planta premergătoare	Grâu	Porumb	Floarea-soarelui	Sfeclă de zahăr	Mazăre
Grâu	100	111-	128	138	120
Porumb	111	100	134	137	119
Floarea-soarelui	107	101	100	133	115
Sfeclă de zahăr	99	98	112	100	111
Mazăre	122	104	136	144	100

Tabelul 5.13

Sporuri de recoltă obținute prin introducerea unei leguminoase în asolament (după *Staicu I.*, 1982)

Stațiunea experimentală	Durata experien-țelor (ani)	Leguminoasa din asolament	Spor de recoltă (kg/ha)	
			grâu	porumb
Albota - Argeș	18	trifoi	980	820
Livada - Satu Mare	8	mazăre	840	1240
Săftica - Ilfov	12	mazăre	820	440
Fundulea - Ilfov	12	mazăre	570	390
Podu - Iloaiei - Iași	8	mazăre	470	960
Lovrin - Timiș	7	mazăre	700	-
Turda - Cluj	3	soia	780	-
Șimnic - Dolj	18	mazăre	820	1010

Pentru reducerea la minimum a evaporației, solul trebuie menținut curat de buruieni, afânat și lipsit de crustă. Pe teren nearat și tasat se pierde prin evaporație circa 80 % din apa provenită din precipitații, iar pe terenul afânat prin arătură

Scanned with OKEN Scanner

numai 31 - 32 % (tab. 5.14). Prezintă importanță umiditatea solului și alegerea epocii potrivite pentru efectuarea diferitelor lucrări cum ar fi aratul, discuitul etc, căci dacă solul este prea umed se produce compactarea lui iar dacă este prea uscat se pulverizează agregatele și se degradează structura. „Pe ogor să intri dacă te primește dar să nu lași să te aștepte" (*Vineș. Gh.*, 1985). La executarea diferitelor lucrări de pregătire a solului (semănat, prășit, recoltat) trebuie să se reducă, pe cât posibil, tasarea solului. Cercetări efectuate la Albota - Argeș și în alte zone, au arătat că solul compactat conținea, la diferite adâncimi, cu 2,5 - 6,8 % mai puțină apă față de cel necompactat (tab. 5.15). Dacă la 30 - 40 cm adâncime s-a format în sol un strat tasat, acesta trebuie afânat prin lucrări profunde, deoarece împiedică infiltrarea apei în adâncime și reduce rezerva de apă acumulată în subsol. Tot pentru a reduce evaporația este bine ca terenul să fie acoperit de vegetație din primăvară până în toamnă, căci pe terenul fără vegetație pierderile de apă prin evaporare sunt de 4 - 5 ori mai mari (tab. 5.16). Consumul total (util) de apă prin evaporație și transpirația plantelor este mai mare pe terenurile acoperite de vegetație. Această continuitate a vegetației se poate realiza în zonele secetoase din țara noastră, pe terenuri irigate prin înființarea culturilor succesive. În lunile de vară, solul rămas descoperit de vegetație trebuie menținut curat de buruieni și fără crustă, prin lucrări superficiale efectuate cu grapa, combinatorul ș.a. Mobilizarea adâncă a solului în timpul verii, până la 20 - 30 cm adâncime, determină evaporarea unor mari cantități de apă. La S.C.A. Caracal, la porumbul siloz, cultivat după borceag de toamnă, terenul lucrat prin discuire avea cel mai ridicat conținut de apă (tab. 5.17). La S.C.A. Mărculești, floarea-soarelui a dat recolte bune când terenul a fost arat un an la 20 cm adâncime și un an discuit (*Guș P.* și colab., 1994).

Tabelul 5.14

Înmagazinarea apei provenită din precipitații în solul arat și nearat (după *Lăzărescu A.*, 1994)

Distribuția apei	Procente din apa de precipitații:	
	în sol afânat, arat	în sol îndesat, nearat
Înmagazinată	21,9	10,2
Infiltrată	64,5	9,6
Evaporată	31,6	80,1

Tabelul 5.15

Influența compactării solului la S.C.A. Albota - Argeș asupra umidității și conținutului de aer (după *Canarache A.*, 1984)

Adâncimea (cm)	Umiditatea (% g/g)		Conținutul de aer (% v/v)	
	Martor netasat	Sol tasat	Martor netasat	Sol tasat
0 - 10	20,5	13,7	21,3	13,6
10 - 20	22,7	17,9	15,5	7,2
20 - 30	26,8	24,3	10,3	3,2

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.16

Evaporarea la suprafața solului pe teren acoperit de vegetație (după *Constantinidis C.*, 1970)

Luna	Evaporația pe teren (în incii)*:		
	descoperit (1)	acoperit (2)	raport (1:2)
Mai	3,38	2,03	1,66
Iunie	2,88	0,67	4,29
Iulie	2,55	0,70	3,64
August	2,87	0,53	5,41
Septembrie	2,21	0,58	3,81

*1 incie = 16,387 cm^3

Tabelul 5.17

Influența diferitelor lucrări aplicate solului asupra conținutului în apă la S.C.A. Caracal, 10 VII 1970 (după *Guş P.* şi colab., 1998)

Lucrările solului	Umiditatea solului, % la adâncimea de:				
	0 - 25 cm	25 - 50 cm	50 - 75 cm	75 - 100 cm	100 - 140 cm
Arat la 18-20 cm	12,8	17,5	18,5	19,7	19,6
Discuiri repetate	14,6	17,2	17,4	20,0	20,6
Arat la 28-30 cm	11,8	14,7	16,8	18,5	20,1
Lucrat cu rotoratorul	13,3	15,7	17,7	19,1	19,0

Tabelul 5.18

Influența desimii asupra producției hibridului de porumb Fundulea 420 neirigat în Dobrogea (1983 - 1985) (*după Enciu M.* şi colab., 1986)

Densitatea (mii plante/ha)	Producția		Diferența (q/ha)
	q/ha	%	
60	38,0	100,0	Mt
70	35,2	92,6	-2,8
80	30,5	80,3	-7,5
100	22,9	60,2	-15,1
120	15,2	39,9	-22,8

Pentru culturile de toamnă, arătura trebuie făcută cu 2 - 3 săptămâni înainte de însămânțare la adâncimea de 20 - 25 cm, după tipul de sol şi cerințele plantei, iar grăparea trebuie să se facă concomitent cu aratul. S-a constatat că pe o suprafață ondulată se evaporă mai multă apă decât pe una plană (*Staicu I.*, 1969).La S.C.A. Podu-Iloaiei, jud. Iaşi, întârzierea grăpatului a mărit pierderile de apă prin evaporare cu 17,4 % (*Roşu Gh.*, *Onisie T.*, 1984). Pentru culturile de primăvară, arătura trebuie făcută din toamnă, la-adâncime potrivită pentru planta care urmează iar la desprimăvărare, arătura se grăpează pentru nivelarea solului, sfărâmarea crustei şi reducerea evaporației. La însămânțarea culturilor trebuie să se țină seama, pe lângă altele, şi de rezerva de apă din sol, căci, în regiunile secetoase, densitatea plantelor trebuie să fie mai redusă. *Sălăgeanu I.*, arată că la culturile neirigate se pot obține recolte bune atunci când suprafața frunzelor plantelor depăşeşte, aproximativ de 2 ori, suprafața terenului pe care sunt cultivate. La S.C.C.I. Valul lui Traian, jud. Constanța, pe teren neirigat sporirea densității la o

Scanned with OKEN Scanner

cultură de porumb de la 60.000 la 120.000 plante/ha a redus recolta cu 22,8 q/ha, adică cu 60,1 % (tab. 5.18). Însămânțarea culturilor trebuie să se facă în epoca optimă, pentru ca plantele să-şi poată dezvolta o masă bogată de rădăcini, până la apariția perioadei de secetă din vară.

În timpul vegetației, culturile trebuie curățate de buruieni, iar la prăşitoare se aplică 2 - 3 praşile pentru sfărâmarea crustei şi afânarea solului între rânduri. La S.C.A. Podu-Iloaiei, praşilele aplicate la porumb au redus evaporarea apei din sol cu 11,9 - 14,0 % (*Roşu Gh.*, *Onisie T.*, 1984). Tot pentru reducerea evaporării se poate aplica mulcirea sau sistemul de lucrare a solului cu strat protector format din paie tocată, pleavă, gunoi nedescompus etc, care se distribuie la suprafața solului, între rândurile culturilor prăşitoare. Pe versante, acest strat protector contribuie şi la reducerea eroziunii solului. În provincia Hebei din China, consumul de apă din stratul de sol de 0 - 30 cm s-a redus datorită mulcirii cu 58,6 % iar din stratul de sol de 0 - 50 cm adâncime s-a consumat prin evapotranspirație cu 25 % mai puțină apă față de terenul nemulcit (*Nicolescu C.*, 2004). Buruienile trebuie combătute energic întrucât consumă prin transpirație de 2 - 3 ori mai multă apă decât plantele de cultură. Dacă porumbul consumă circa 400 g apă pentru a sintetiza un gram de substanță uscată, buruienile care invadează adesea această cultură (*Cirsium arvense*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* etc.) consumă 800 - 1200 g apă pentru a sintetiza tot un gram de masă vegetală (*Guş P.* şi colab., 1998). Toate aceste lucrări de înmagazinare şi conservare a apei în sol trebuie aplicate atât pe terenuri neirigate, cât şi pe cele amenajate pentru irigare, astfel încât normele de udare să fie cât mai mici şi cheltuielile cât mai reduse.

În unele zone din țara noastră, cu regim eolian deosebit de agresiv, exprimat prin vânturi cu frecvență mare şi intensitate ridicată şi, mai ales, calde şi uscate, pierderile de apă din sol prin evaporație la suprafața terenului şi prin transpirația plantelor se intensifică aproximativ de 10 ori față de atmosfera calmă iar recolta se reduce foarte mult (*Ionescu Siseşti Gh.*, 1959). Uneori, se produce chiar uscarea părților aeriene ale plantelor înainte de a se ajunge în faza de recoltare. În aceste zone sunt necesare perdele forestiere de protecție. Acestea sunt fâşii cu lățimea de 10 - 20 m, constituite din arbori şi arbuşti, orientate perpendicular pe direcția vântului dominant, la distanțe de 200 - 400 m între ele (fig. 5.5). Aceste perdele atenuează cu 8 - 58 % viteza vântului şi prin aceasta, determină reducerea evapotranspirației cu 19 - 38 mm în cursul sezonului de vegetație. În timpul iernii, la adăpostul acestor perdele, pe distanțe de 200 - 250 m, se creează condiții pentru aşternerea unui strat de zăpadă care poate determina în primăvară o creştere a rezervei de apă în sol cu 2 - 2,5 %.

La aplicarea udărilor prin aspersiune, în zona de influență a perdelelor de protecție, uniformitatea udării se îmbunătățeşte iar pierderile de apă prin evaporație din jetul aspersat se diminuează cu 1,5 - 2,3 %, majorându-se randamentul la aplicarea udărilor. Evaporarea apei pe rețeaua de aducțiune - distribuție (constituită din canale deschise), din bazine de acumulare, lacuri sau cursuri naturale de apă se micşorează, de asemenea, cu 4,6 - 5,0 l/m^2 în decurs de 24 de ore (*Nicolescu C.*, 2002).

Scanned with OKEN Scanner

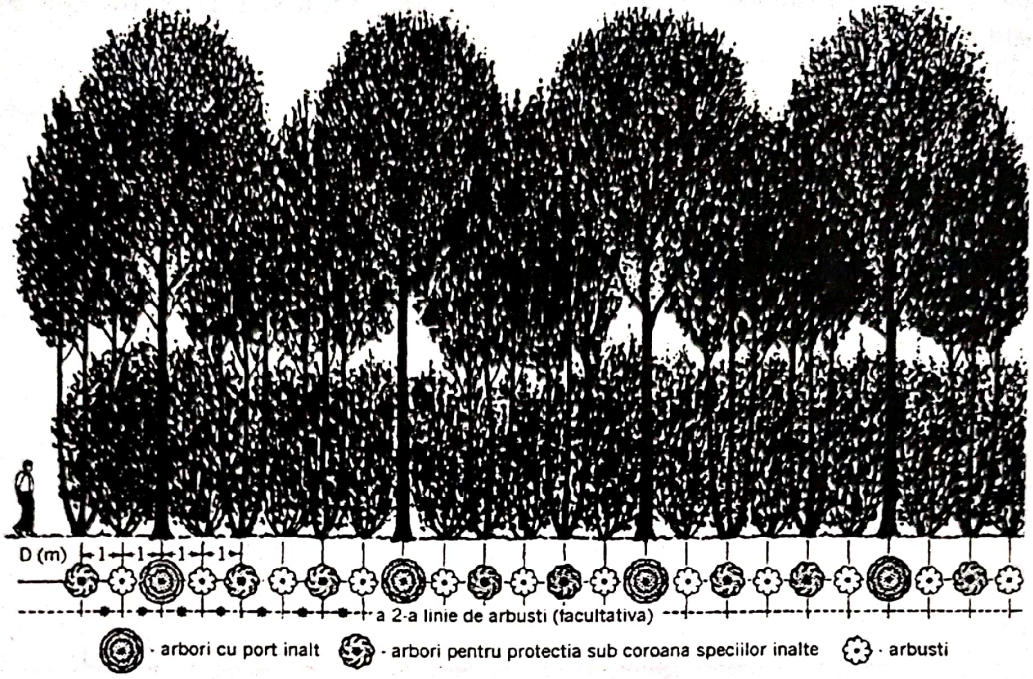


Fig. 5.5 O perdea de protecţie eficace trebuie să fie înaltă, semipermeabilă şi omogenă (după *Soltner D.*, 1992)

Perdelele forestiere de protecţie sunt recomandate, cu deosebire, în Dobrogea, Oltenia şi Câmpia Română, atât pe suprafeţele amenajate cu lucrări de irigaţii cât şi pe cele neirigate. Plantarea speciilor silvice pentru diminuarea efectelor negative ale vântului, determină pe terenurile irigate reducerea cu 20 - 30 % a normei de irigaţie iar pe restul suprafeţelor utilizarea mai eficace a rezervei de apă din sol. În condiţiile pedoclimatice din ţara noastră, sporurile de recoltă care s-au obţinut la adăpostul perdelelor silvice de protecţie au fost de 13 - 48 % la cereale, 15 % la floarea soarelui, 29 - 44 % la mazăre, 29 - 62 % la lucernă şi alte culturi furajere(*Nicolescu C.*, 2002). În Rusia şi în ţările din apusul Europei, protecţia oferită de perdelele silvice a permis obţinerea unor sporuri de recoltă chiar mai mari la unele culturi (tab. 5.19).

Pentru înfiinţarea perdelelor se folosesc specii forestiere principale (stejar, plop, frasin, salcâm, ulm etc), secundare (carpen, păr pădureţ, tei ş.a) şi arbuşti (păducel, lemn câinesc, porumbar, măceş etc). O perdea silvică de protecţie eficace trebuie să fie înaltă pentru a proteja suprafeţe mari, semipermeabilă la vânt pentru a-i reduce viteza fără a crea curenţi turbionari şi omogenă, adică bine înzestrată cu ramuri pe toată înălţimea (fig. 5.5). Efectul favorabil al perdelelor de protecţie se resimte pe suprafeţe diferite ca mărime, corespunzător înălţimii arborilor care o compun şi lăţimii fâşiei plantate (fig. 5.6).

Arborii izolaţi nu protejează bine culturile agricole, ba chiar pot agrava efectele dăunătoare ale vântului (fig. 5.7).

Arborii şi arbuştii din componenţa perdelelor de protecţie îmbogăţesc atmosfera în oxigen şi reduc conţinutul acesteia în bioxid de carbon. Materialul

Scanned with OKEN Scanner

lemnos (20 - 30 m^3/ha) şi unele flori, fructe sau seminţe, reprezintă alte beneficii obţinute de la vegetaţia lemnoasă cultivată.

Tabelul 5.19

Sporuri de recoltă obţinute datorită protecţiei oferite de perdelele forestiere de protecţie (după *Soltner D.*, 1992)

Cultura	Spor de recoltă (%)	Cultura	Spor de recoltă (%)
Rusia		Franţa, Danemarca	
		Secară	14,6
Grâu de toamnă	41	Grâu	11,1
Grâu de primăvară	21	Ovăz	19,5
Secară de toamnă	47	Orz	18,8
Ovăz	22	Sfeclă	23,0
Floarea soarelui	18	Cartof	16,0
Lucernă + pir	94	Trifoi + graminee	24,0
Lucernă + obsigă	85	Lucernă	21,0
		Lupin	48,0

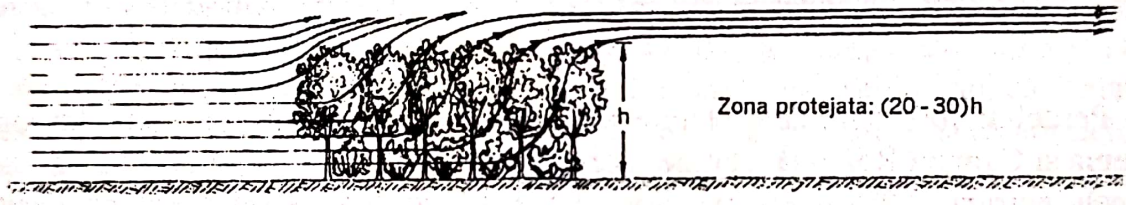


Fig. 5.6 Un efect protector deosebit asigură perdelele silvice cu lăţimea de 10 - 20 m (după *Soltner D.*, 1992)

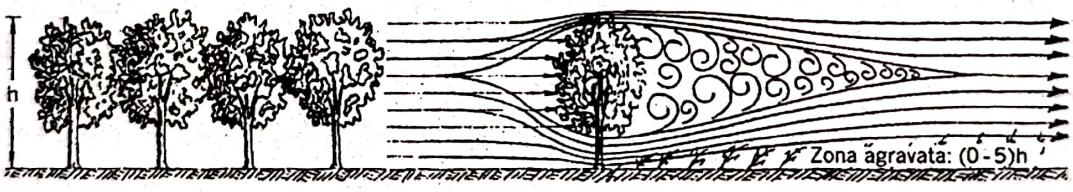


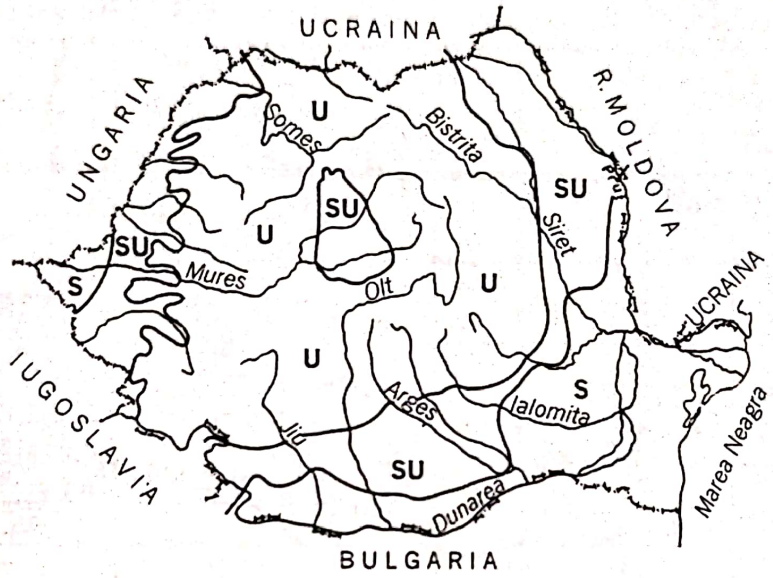
Fig. 5.7 Perdelele de protecţie constituite din arbori fără ramuri până la nivelul solului pot agrava efectele dăunătoare ale vântului (după *Soltner D.*, 1992)

Perdelele forestiere scot din circuitul agricol 1,5 - 2,5 % din suprafaţa totală protejată dar, sporul de recoltă şi celelalte avantaje care se obţin compensează diminuarea suprafeţei cultivabile. În judeţul Teleorman, de exemplu, se estimează că perdelele forestiere sunt necesare pe circa 4 % din suprafaţă, 13.500 ha pentru protecţie împotriva secetei, 2.800 ha pentru protecţia terenurilor expuse eroziunii, 600 ha pentru protejarea căilor de comunicaţii şi 1.100 ha pentru apărarea localităţilor şi a unor obiective economice. În judeţul Vrancea, perdelele forestiere de protecţie ocupă în prezent 175 ha iar specialiştii recomandă extinderea lor pe circa 5.000 ha.

Scanned with OKEN Scanner

5.3.2 Irigarea culturilor agricole

În zonele de deal şi câmpie din România, precipitaţiile atmosferice sunt insuficiente şi neuniform repartizate în timp şi spaţiu (fig. 5.8). Aceasta duce la secete destul de frecvente care, periclitează soarta recoltelor, mai ales, în sudul, sud-estul şi vestul ţării. De aceea, irigarea culturilor devine o necesitate nu numai în zonele de stepă ci, adeseori, şi în zonele subumede, unde temperaturile medii multianuale depăşesc 9 - 10 °C şi apar perioade secetoase.



Zona	Temperatura medie anuala (°C)	Precipitatii medii anuale (mm)	Evapotranspiratia potentiala anuala (mm)
Umeda (U)	4 - 9	1000 - 600	550 - 700
Subumeda (SU)	8 - 11	700 - 450	650 - 750
Secetoasa (S)	10 - 11,5	550 - 350	700 - 800

Fig. 5.8 Repartiţia zonelor climatice pe teritoriul României

Studiile efectuate până acum, arată că potenţialul irigabil tehnic fără restricţii al României este de 1.253.000 ha teren agricol, din care 1.173.000 ha arabil. Pentru alte suprafeţe care s-au amenajat sau vor fi amenajate pentru irigaţii, trebuie să se ia măsuri de prevenire a salinizării, înmlăştinării, eroziunii etc. În condiţiile climatice din ţară, irigarea determină creşterea sau chiar dublarea recoltelor, în special, în Dobrogea, Bărăgan, Câmpia Română, Oltenia, sudul Moldovei şi într-o mai mică măsură în Transilvania şi Câmpia de Vest. Pentru irigarea întregii suprafeţe cu umiditatea deficitară ar fi necesari 12 - 13 miliarde m^3 apă anual (*Blidaru V.*, 1991). Normele de irigaţie cele mai mari, de peste 3.500 m^3/ha, sunt necesare în sudul Olteniei (fig. 5.9).

Avantajul principal al irigaţiei constă în asigurarea unor producţii mari şi constante. Cercetări efectuate în perioada 1969-1985 au arătat că în România irigarea a sporit recolta la grâu cu 6,1 - 76 %, la porumb cu 19,2 - 214,6 %, la soia cu 38,9 - 113,4 %, la floarea soarelui cu 18,7 - 83,4 %, la sfecla pentru zahăr

Scanned with OKEN Scanner

cu 35,7 - 107,6 % etc (tab. 5.20). Urmărindu-se efectul irigării pe diferite tipuri de sol s-a constatat obținerea unor rezultate bune pe cernoziomul castaniu decarbonatat (tab. 5.21).

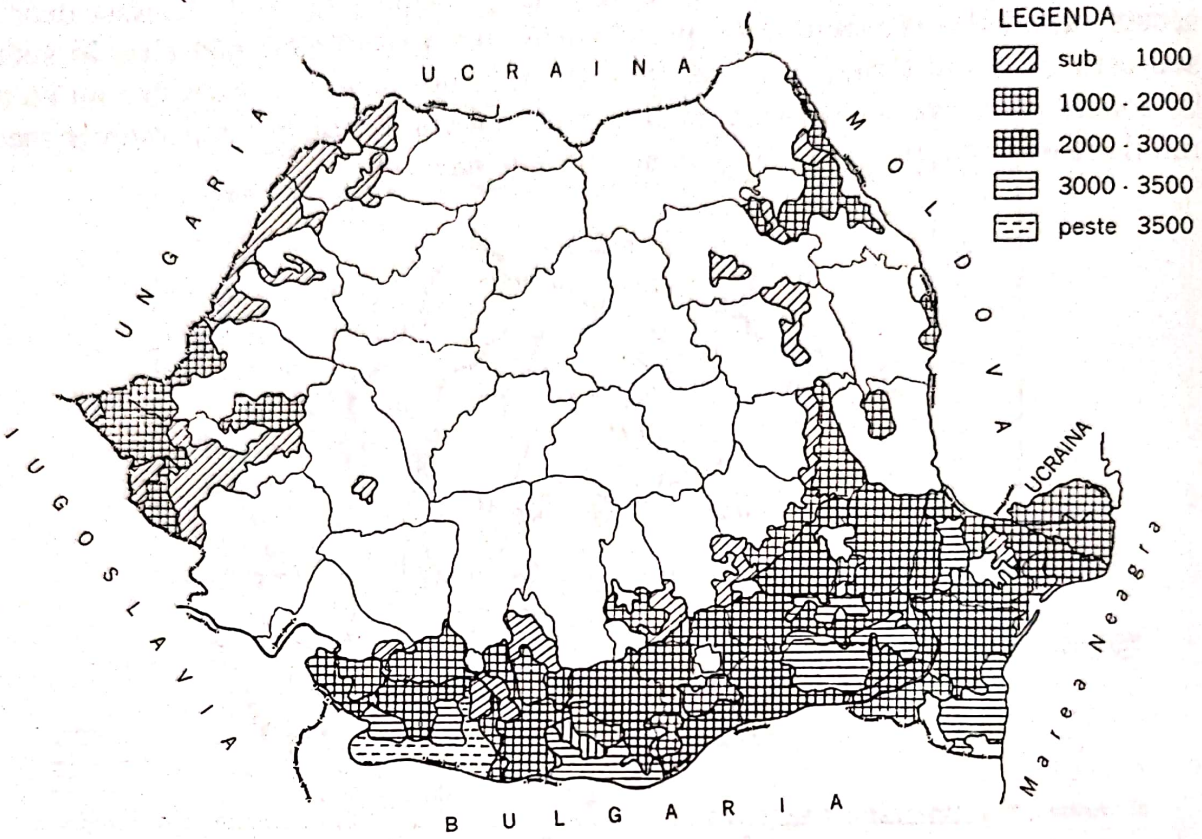


Fig. 5.9 Necesarul de apă de irigație (m^3/ha) în diferite zone din țară (după *Braşoveanu N.*, 1983)

Prin irigarea culturilor se mai obțin însă şi alte avantaje:

- ✓ valorificarea şi creşterea eficienței economice a altor factori de producție (de exemplu îngrăşămintele);
- ✓ modificarea temperaturii şi a umidității aerului;
- ✓ cultivarea, pe aceeaşi suprafață, a două sau trei culturi succesive sau intercalate ceea ce duce la sporirea veniturilor;
- ✓ contribuie la primenirea aerului din sol şi îmbogățirea lui în oxigen, stimulând în acest fel activitatea biologică (tab. 5.22);
- ✓ extinderea zonei de cultură a unor specii în regiuni secetoase (sfecla de zahăr, cartoful etc);
- ✓ valorificarea unor soluri slab productive, cum ar fi cele nisipoase sau salinizate;
- ✓ îmbunătățirea calității produselor horticole;
- ✓ prin irigare se pot combate înghețurile timpurii sau târzii şi odată cu apa de irigare se pot aplica îngrăşăminte, insecto-fungicide etc.

Pentru combaterea înghețurilor târzii de primăvară sau timpurii de toamnă se poate aplica irigarea antigel directă, care se bazează pe faptul că în timpul înghețării apa cedează căldură, circa 80 cal/g şi această energie calorică protejează

Scanned with OKEN Scanner

mugurii şi ramurile, care rezistă câteva ore sub pojghiţa de gheaţă care se formează la suprafaţa lor în timpul nopţilor cu îngheţ (fig. 5.10). Efectul protector se realizează printr-o aspersiune continuă pe durata înghețului, intensitatea ploii fiind cuprinsă între 1,5 mm/h pentru flori şi legume şi 3 mm/h pentru vii. Cantitatea de apă consumată la aceste udări variază de la 2 l/m^2 la plantele cu talie mică, până la 4,5 l/m^2 la plantele înalte.

Tabelul 5.20

Producţii medii obţinute în perioada 1969-1985 în condiţii experimentale la principalele culturi, în regim irigat şi neirigat, pe zone agrogeografice (după *Lup A.*, 1997)

Zona	Producţia medie (kg/ha)	Spor prin irigare		Producţia medie (kg/ha)	Spor prin irigare	
	Neirigat	kg/ha	%	Neirigat	kg/ha	%
	Grâu			Porumb		
Dobrogea	2981	2266	76,0	3285	7048	214,6
Bărăgan	3359	1558	46,4	6974	3552	50,9
Câmpia Română	3599	1644	45,7	4507	5538	122,9
Moldova	2915	1556	53,4	7181	3237	45,1
Podişul Getic	2403	2098	87,3	5697	3423	60,1
Transilvania	3429	211	6,1	5872	1124	19,1
Câmpia de Vest	3476	960	27,6	6570	3653	54,1
	Soia			Floarea-soarelui		
Dobrogea	1545	1752	113,4	1857	1548	83,4
Bărăgan	1772	1227	69,2	2674	1019	38,1
Câmpia Română	1481	1995	134,7	1969	1377	69,9
Moldova	2140	892	41,7	2053	1109	54,0
Podişul Getic	1675	1617	96,5	1947	1590	81,7
Câmpia de Vest	1887	734	38,9	2416	452	18,7
	Sfeclă pentru zahăr			Cartof		
Dobrogea	34823	37467	107,6	20136	29029	144,5
Bărăgan	37568	26412	70,3	20086	13997	69,7
Câmpia Română	32591	28068	86,1	18037	13857	76,8
Moldova	34686	25944	74,8	25330	9051	35,7
Podişul Getic	50476	40217	79,7	13106	12179	92,9
Transilvania	43807	15632	35,7	26769	5619	15,3
Câmpia de Vest	38954	14237	36,5	29085	6274	21,6
	Lucernă			Porumb siloz		
Dobrogea	30968	45200	145,9	19517	26383	135,2
Bărăgan	32484	26436	81,4	13180	26818	103,4
Câmpia Română	32397	33570	103,6	15904	26412	166,1
Moldova	43875	26306	60,0	21396	11267	52,7
Podişul Getic	38864	21387	14,1	17576	21808	124,1
Transilvania	55109	8447	15,3	34558	8755	25,3
Câmpia de Vest	54836	21443	39,1	15748	16595	105,4

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.21

Efectul singular al irigațiilor pe diferite tipuri de sol (după *Braşoveanu N.*, 1983)

Localitatea	Tipul de sol	Sporul de recoltă (kg/ha) la:					
		Grâu	Porumb	Floarea soarelui	Soia	Sfeclă zahăr	Cartof
Aradul Nou	Aluvional	-	-	-	370	-	
Coțofeni		300	330	-	-	-	
Caracal	Cernoziom puternic levigat	250	-	-	-	-	
Băneasa - Giurgiu		-	-	-	-	17.900	
Fundulea	Cernoziom mediu levigat	890	1.400	1.000	780	20.500	
Jegălia	Cernoziom castaniu	760	-	-	-	-	
Mărculeşti	Cernoziom castaniu decarbonatat	500	1.780	-	1.030	-	
Roseți	Cernoziom freatic umed	440	-	-	-	-	
Valul lui Traian	Cernoziom castaniu decarbonatat	930	-	-	-	-	
Brăila		560	1.900	470	1.129	24.400	
Periş	Brun roşcat	-	-	-	470	-	
Şimnic		120	-	-	-	-	
Albota	Brun mediu podzolit	500	-	-	-	-	
Podu Iloaiei	Cernoziom mediu erodat	670	-	-	-	-	
Probota	Cernoziom mediu levigat	-	1.380	-	-	-	

Tabelul 5.22

Influența irigației asupra activității biologice a microflorei solului la câteva culturi (media pe 3 ani) (după *Ailincăi Despina*, 1998)

Specificație	Grâu		Porumb		Sfeclă		Soia	
	Neirigat	Irigat	Neirigat	Irigat	Neirigat	Irigat	Neirigat	Irigat
Nr. bacterii (mil/g sol uscat)	25,44	28,41	57,39	79,31	105,32	88,50	74,08	86,78
Micromicete (indice de colonizare)	400	1250	500	800	350	950	600	900
Protozoare (medie ponderată)	2,50	5,0	5,0	5,0	2,50	5,0	8,50	7,25
Actinomicete (medie ponderată)	2,50	2,5	2,50	10	0	10	5	2,50
Nematode (indice de colonizare)	60	115	55	105	65	30	12,5	16
Respirație sol (mg CO_2 100 g sol uscat)	5,65	6,85	6,03	8,79	7,28	6,91	4,30	7,67
Biomasă microbiană (mg C/kg sol)	226,8	274,5	301,9	352,4	262,4	277,2	172,7	307,8

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 5.10 Aplicarea irigației antigel într-o plantație pomicolă

Irigația antigel indirectă sau preventivă, se realizează prin aplicarea unei udări înaintea înghețului, când datorită conductibilității termice a solului umed, acesta înmagazinează de 4 - 10 ori mai multă căldură în timpul zilei, iradiind-o în timpul nopții și atenuând efectul schimbărilor bruște de temperatură.

Irigarea climatizantă se aplică în vederea reducerii temperaturii și măririi umidității atmosferice (tab. 5.23) atunci când temperatura ridicată și umiditatea redusă a aerului determină ofilirea plantelor. Irigarea aplicată primăvara devreme în livezi sau plantații viticole menține temperatura solului mai scăzută, plantele pornesc mai târziu în vegetație și brumele târzii nu produc daune.

Tabelul 5.23

Influența irigațiilor asupra temperaturii și umidității aerului într-o cultură de porumb la înălțimea de 20 cm (după *Berbecel O.*, 1971)

Nr. zile după udare	Temperatura (°C)		Umiditate aer %	
	Neirigat	Irigat	Neirigat	Irigat
Prima zi	36,6	31,6	27,0	46,0
A doua zi	34,0	30,9	36,0	50,0
A zecea zi	29,0	26,0	30,0	35,0

Prezența apei în cantitate optimă pe terenurile irigate nu este suficientă pentru a obține recolte mari și constante, ci trebuie să se asigure și ceilalți factori de vegetație, în special prin fertilizare și lucrări agrotehnice corespunzătoare. Recoltele obținute pe terenurile irigate au, în general, un conținut mai scăzut în substanță uscată (amidon, zahăr, proteine etc) dar prin irigare și fertilizare se obțin recolte mari și cantitatea de substanță uscată ce revine la unitatea de suprafață este cu mult mai mare decât pe terenul neirigat.

Distribuirea apei pe terenurile amenajate pentru irigare trebuie controlată atent căci ea poate degrada structura, reduce conținutul în elemente fertilizante a solului, produce eroziunea straturilor superficiale sau poate duce chiar la pierderea capacității de producție prin înmlăștinare sau sărăturare.

Scanned with OKEN Scanner

5.3.2.1 Calitatea apei pentru irigații. Noțiunea de calitate sau puritate a apei este foarte relativă deoarece, pentru viețuitoarele maritime, apa cu un conținut în săruri de 35.000 ppm oferă condiții optime de dezvoltare, pentru fauna râurilor și fluviilor însă, concentrația în săruri nu trebuie să depășească 7.000 - 8.000 ppm, în timp ce apa potabilă nu trebuie să conțină mai mult de 500 ppm săruri. Apa pentru răcire, folosită în diferite instalații industriale trebuie să conțină puțin calciu ca să nu se depună piatra, apa folosită în fabricile textile și vopsitorii nu trebuie să conțină fier etc. La apa folosită pentru irigat prezintă importanță conținutul acesteia în săruri solubile și compoziția acestora (mineralizarea), cantitatea de aluviuni și natura lor, temperatura, gradul de aerație și valoarea pH.

Mineralizarea. Apa potrivită pentru irigație nu trebuie să sporească conținutul solului în săruri solubile sau substanțe toxice. Conținutul ridicat în săruri exercită o acțiune dăunătoare și asupra solului și asupra plantelor, determinând reducerea recoltei sau chiar compromiterea ei când se depășesc anumite limite menționate în tabelul 5.24. Dacă apa de irigare conține ioni de sodiu, aceștia îi înlocuiesc pe cei de calciu din complexul adsorbtiv al solului și se depreciază structura și unele însușiri hidrofizice ale solului.

Tabelul 5.24

Corelația dintre conținutul în săruri solubile a apelor de irigație (mmho/cm) și scăderea producției (după *Davidescu Velicica* și colab., 1999)

Planta	Scăderea producției (%)				Planta	Scăderea producției (%)			
	0-19	20-30	50-60	100		0-19	20-30	50-60	100
	Conductivitatea electrică a apei					Conductivitatea electrică a apei			
Ardei	1,0	2,2	3,4	> 3,4	Ridichi	0,8	2,1	3,4	> 3,5
Cartof	1,1	2,5	3,9	> 4,0	Sfeclă zahăr	2,4-4,7	4,5-7,5	6,4-10,	> 11
Castraveți	1,7	2,9	4,2	> 4,3	Sorg	1,3-2,7	4,8-5,7	7,2-9,6	> 10
Ceapă	0,8	1,8	2,9	> 3,0	Soia	3,3	3,7	5,0	> 6,0
Conopidă	1,9	3,7	5,5	> 5,6	Spanac	1,3	3,5	5,3	> 5,8
Grâu	4,0	8,4	8,7	> 8,8	Tomate	1,7	3,4	5,0	> 6,0
Fasole	0,7	1,5	2,4	> 2,5	Trifoi	1,0	2,4	3,8	> 4,0
Festucă	2,6	5,7	8,9	> 9,0	Varză	1,2	2,9	4,6	> 4,7
Iarbă de Sudan	1,9	5,7	9,6	> 9,7	Cais	1,1	1,8	2,5	> 2,6
In	1,0	2,6	3,9	> 4,0	Căpșun	0,7	1,2	1,7	> 1,8
Lăptucă	0,9	3,1	3,4	> 3,5	Măr	1,0	2,2	3,2	> 3,3
Lucernă	1,3	3,6	5,0	> 5,1	Măslin	1,8	3,7	5,5	> 5,6
Morcov	0,7	1,9	3,1	> 5,2	Nuc	1,1	2,2	3,2	> 3,3
Orez	2,0	3,4	4,8	> 4,9	Mur	1,0	1,9	2,5	> 2,6
Orz	4-5,3	6-8,7	9,7-12	> 13	Piersic	1,1	1,9	2,7	> 2,8
Pepene galben	1,9	3,8	6,0	> 6,7	Prun	1,0	1,9	2,7	> 2,8
Pir crestat	5,0	7,4	10,0	> 11	Viță de vie	1,0	2,7	4,5	> 4,6
Porumb	1,0	2,6	3,9	> 4,0	Zmeur	0,7	1,4	2,1	> 2,2

Notă: 1 mmho corespunde la aproximativ 656 mg săruri solubile

Scanned with OKEN Scanner

Acţiunea dăunătoare pentru plante a apei de irigare, depinde şi de combinaţia chimică în care se găsesc elemente vătămătoare. Astfel, sodiul este cel mai dăunător sub formă de carbonat de sodiu, ceva mai puţin nociv sub formă de clorură de sodiu şi sulfat de sodiu. Alte elemente vătămătoare sunt clorul din cloruri, sulful din sulfaţi etc. Cele mai sensibile plante la clor sunt cartoful, tutunul, piersicul ş.a. iar la concentraţii mari de sulfaţi nu rezistă sfecla pentru zahăr, bumbacul etc.

Cele mai frecvente săruri solubile din apa de irigaţie sunt clorurile şi carbonaţii iar dintre cationi calciu, magneziu şi sodiu.

La stabilirea limitei maxime a concentraţiei în săruri a apei bune pentru irigaţie trebuie să se ţină seama de gradul de toleranţă a diferitelor plante (tab. 5.24), însuşirile solului, metoda de udare, precum şi mărimea normei de irigaţie. La irigarea prin submersiune, datorită cantităţilor mari de apă distribuită, acumularea sărurilor este mai accentuată. Pe solurile bine drenate, unde apare posibilitatea spălării solului cu apă din precipitaţii sau cu apă de irigaţie (cu un conţinut scăzut în săruri), apa folosită la irigare în cursul perioadei de vegetaţie poate avea un conţinut ceva mai ridicat în săruri. La irigarea prin aspersiune, folosind apă cu un grad de mineralizare de numai 0,8 - 0,9 g/l dar cu 69 - 111 mg/l sodiu şi 133 mg/l clor, plantele de viţă de vie sau unele specii pomicole absorb ionii din apă prin stomate şi se ajunge la concentraţii toxice în frunze, care determină necrozarea şi căderea lor. Acest fenomen apare, în special, la temperaturi ridicate şi umiditate scăzută a aerului. Se recomandă, în general, ca apa de irigare să nu conţină mai mult de 1 - 1,5 g/l adică 0,10 - 0,15 % săruri solubile. *Botzan M.* (1966) arată că, în anumite cazuri, se poate folosi la irigaţie şi apa a cărui conţinut în săruri ajunge la 3 g/l din care, sărurile de sodiu să nu depăşească limita de 0,3 g/l. La o concentraţie a soluţiei solului de 10 - 12 g/l plantele agricole mor. În cazul culturii orezului pe terenuri salinizate, apa folosită pentru irigare trebuie să aibă un conţinut scăzut în săruri căci ea îşi măreşte concentraţia în timpul irigării şi poate depăşi limita de toleranţă a orezului care este de circa 5 g/l. Nici orezul însă nu poate suporta un conţinut mai ridicat în sodiu al apei de irigaţie căci forţa de sucţiune creşte cu atât mai mult cu cât conţinutul în săruri al solului este mai ridicat. Cercetările făcute de *Obrejan G.* (1962) arată că apa din Dunăre cu o concentraţie de 0,2 g/l folosită pentru irigarea orezului în parcele sărăturate îşi măreşte de 10 ori conţinutul în săruri în decurs de 10 zile. Folosirea unei ape de irigare cu un conţinut ridicat în săruri trebuie să se facă cu mare prudenţă, deoarece efectul vătămător se accentuează în timp.

Conţinutul total în săruri dizolvate se exprimă în g/l reziduu fix sau conductanţă electrică (*CE*) care reprezintă reciproca rezistenţei electrice şi se exprimă în micromho/cm la temperatura apei de 25 °C ($CE = 1\,mho/cm = 1/ohm$).

Priklonscki V.A. şi *Laptev F.F.* (1949) au folosit pentru clasificarea apelor de irigare un coeficient (*c*), calculat în funcţie de conţinutul de sodiu şi anionii de Cl^- şi SO_4^{--} din apă (ionii fiind exprimaţi în me/l). Coeficientul de irigaţie (*c*) se calculează cu relaţiile înscrise în tabelul 5.25. Valorile mici ale coeficientului (*c*) caracterizează apele necorespunzătoare pentru irigaţii (tab. 5.26).

Scanned with OKEN Scanner

Aprecierea apei folosite la irigații se poate face și după procentul de sodiu din suma cationilor, denumit coeficient de alcalizare, calculat cu relația: $Q_v\% = 100 \cdot Na^+ / (Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Na^+)$ sau după reziduul mineral fix denumit și conținutul total de săruri solubile (tab. 5.26).

Tabelul 5.25

Condițiile de folosire a formulelor pentru calculul coeficientului de irigație (c)

Condiții de folosire	Relații de calcul
Conținutul de $Na^+ < Cl^-$; Este prezentă clorura de sodiu.	$c = 288 / 5 \cdot Cl^-$
Conținutul de $Na^+ > Cl^-$ dar $Na^+ < (Cl^- + SO_4^{--})$; Sunt prezente cloruri și sulfați.	$c = 288 / Na^+ + 4 \cdot Cl^-$
Conținutul de $Na^+ > (Cl^- + SO_4^{--})$; Sunt prezente cloruri, sulfați și carbonați	$c = 288 / 10 \cdot Na^+ - 5 \cdot Cl^- - 9 \cdot SO_4^{--}$

Tabelul 5.26

Aprecierea apei de irigație după conținutul în anioni și cationi și după reziduul mineral fix

Clasa de calitate a apei de irigație	Indicele de apreciere		
	coeficientul de irigații (c)	coeficientul de alcalizare ($Q_v\%$)	Reziduul mineral fix (g/l)
Foarte bună	> 18	< 10	< 0,3
Bună	17,9 - 12,0	10 - 20	0,5
Satisfăcătoare	11,9 - 6,0	20 - 30	1,0
Nesatisfăcătoare	5,9 - 1,2	> 30	2,0
Improprie	< 1,2	-	> 3,0

Calitatea apei de irigație mai poate fi apreciată și în funcție de valoarea raportului de adsorbție a sodiului de către sol - *S.A.R.* (sodium adsorbtion ratio) - $S.A.R. = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}}$, concentrația celor trei cationi fiind exprimată în miliechivalenți la litru. *Richards A. L.* (1954) și *Thorne D. W.* (1954) clasifică apa de irigație, după indicele SAR, în patru categorii (tab. 5.27).

În cazul când sursa de apă pentru irigații este poluată cu apă uzată de la diferite întreprinderi industriale, trebuie să se ia în considerație și concentrația maximă admisă a diferitelor elemente și substanțe chimice, conform datelor din tabelele 5.28 și 5.29. La folosirea apelor uzate bogate în bor se ține seama și de toleranța diferitelor specii față de acești compuși (tab. 5.30 și 5.31).

Apele subterane pot avea un conținut mai ridicat în *Na*, *K*, *Mn*, *Mg* etc și trebuie determinat periodic conținutul lor în săruri pentru a evita salinizarea solului.

Scanned with OKEN Scanner

După conținutul lor în carbonat de sodiu rezidual apele de irigație se pot clasifica în trei categorii: admisibile, tolerabile și necorespunzătoare (tab. 5.32).

Tabelul 5.27

Clasificarea apei de irigație în funcție de indicele SAR și concentrația totală de săruri solubile

Raportul de adsorbție al sodiului SAR		Conductivitatea electrică (CE × 10^6) (micromho/cm)		Mineralizarea apei și conținutul de sodiu	Condiții de utilizare
Valoarea	Clasa de alcalizare	Valoarea	Clasa de salinizare		
0 - 10	S_1	0 - 250	C_1	Scăzută	Fără restricții
11 - 18	S_2	251 - 750	C_2	Moderată	Sunt necesare măsuri pentru evitarea acumulării sărurilor cu excepția solurilor cu drenaj natural bun.
19 - 26	S_3	751 - 2.250	C_3	Ridicată	Sunt necesare lucrări de drenaj artificial și folosirea amendamentelor cu gips.
> 26	S_4	> 2.251	C_4	Foarte ridicată	Nu poate fi folosită la irigarea culturilor agricole; necesită măsuri speciale pentru îndepărtarea sărurilor în exces.

Apele uzate nu pot fi folosite la irigație fără a cunoaște conținutul lor în săruri; cele care conțin până la 1 g/l pot fi utilizate fără nici o rezervă iar cele care conțin peste 3 g/l nu trebuie folosite la irigație. Apele cu o concentrație cuprinsă între 1 și 3 g/l se pot folosi la irigare, de la caz la caz, în funcție de conținutul de săruri a solului și posibilitatea de îndepărtare a excesului de săruri pe cale naturală sau artificială. Prezintă importanță deosebită și proporția diferiților anioni și cationi și în special ionii de sodiu.

Pentru a se îmbunătăți însușirile apelor uzate folosite pentru irigare, acestea se pot amesteca în diferite proporții cu apă convențional curată (ape dulci). Indicatorii de calitate ai apei uzate folosite la irigare trebuie să cuprindă și date cu privire la numărul de germeni patogeni și, din acest punct de vedere se disting 3 categorii de apă: potabilă, moderat poluată și intens poluată (5.33). În România, apele nepoluate provenite din desecare și drenaj, cu un conținut moderat în săruri, pot asigura irigarea unor suprafețe de circa 170.000 ha (*Stanciu I.* și colab., 1980).

În cazul apelor uzate care își modifică compoziția chimică de la o perioadă la alta, determinările trebuie repetate înainte de aplicarea udărilor. Astfel, apele uzate de la creșcătoriile de porci au un conținut în reziduu salin variabil de la 0,5 g/l la 3,2 g/l și alte caracteristici care trebuie controlate pentru a decide dacă ele se pot folosi la irigare.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.28

Concentrația în elemente și compuși chimici a apelor uzate folosite în agricultură (după *Berar*, 1963)

Elemente și compuși chimici	Limita admisibilă (mg/l)	Elemente și compuși chimici	Limita admisibilă (mg/l)
Acetonă	10	Hidrochinonă	5
Acid azotic	5	Hidrazină	0,05
Acid clorhidric	0,2	Hidrogen sulfurat	1
Acid sulfuric	10	Kaliu	300
Alaun de potasiu	40	Magneziu	5
Alcool metilic	5	Mangan	0,1
Amoniac	4	Mercaptan	0,5
Anilină	10	Mercur	0,002
Arsen	0,1	Metanol	100
Azot	700	Molibden	0,5
Bariu	-	Mononitrotoluen	0,2
Benzen	0,205	Mononitrotoluen	0,2
Benzenaldehidă	12	Naftalină	-
Bioxid de carbon	10	Naftalamină	-
Bioxid de sulf	10	Naftol	1
Cadmiu	0,1	Natriu	30
Calciu	60,00	Nicotină	0,5
Carbonați	1 - 5	Nitroclorbenzen	0,02
Chinolină	5	Piridină	10
Cianuri (inclusiv de K)	0,01	Produse petroliere	50
Clorură de natriu	500	Rășini	20
Cloramină	0,01	Rezorcină	100
Clorbenzen	0,05	Rodanură de amoniu	10
Cloroform	20	Sulfați	30
Cobalt	0,5	Sulfiți	50
Crom hexavalent	1	Sulfuri de carbon	-
Crom trivalent	1	Tanin	15
Cupru	0,1	Terebentină	-
Eter metilic	-	Tetraclorură de carbon	2
Fenol	50	Tetranitrometan	0,2
Fenolacetonă benzen	10	Tiooxianați	20
Fluor	0,5	Țiței	25
Fosfor	400	Trinitrotoluen	-
Fier	50	Toluen	0,02
Furfurol	2	Zinc	0,1
Hexaclor ciclohexan	0,02	Wolfram	-
		Xilenol	50

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.29

Concentrații maxim admisibile de elemente toxice (mg/dm^3) dăunătoare în apa de irigație în funcție de norma de irigație și textura solului (STAS 9450/1988)

Denumirea indicatorului	Concentrația maximă admisă		Metoda de verificare STAS	Denumirea indicatorului	Concentrația maximă admisă		Metoda de verificare STAS
	Tip I	Tip II			Tip I	Tip II	
Aluminiu	5,0	20,0	9411/83	Litiu	2,5	2,5	-
Arsen	0,1	2,0	7885/67	Mangan	0,2	3,0	8662/70
Beriliu	0,1	0,5	-	Molibden	0,01	0,05	-
Bor	0,75	2,0*	-	Mercur	0,02	0,05	8045/79
Cadmiu	0,01	0,05	7852/80	Nichel	0,2	2,0	7987/67
Cianuri	0,2	0,2	7685/79	Plumb	2,0	5,0	8637/79
Cobalt	0,05	5,0	8288/69	Seleniu	0,02	0,05	-
Crom	0,1	1,0	7884/67	Sulfuri și H_2S	0,1	0,5	7510/66
Cupru	0,2	5,0	7795/80	Vanadiu	0,1	1,0	-
Fier	1,0	5,0	8634/70	Zinc	2,0	10,0	8314/69
Fluor	1,0	5,0	9810/71	Pesticide organoclorurate	0	0	-

Tip I - zone aride cu soluri lutoase și luto-nisipoase, norme mari de irigare;
Tip II - zone umede cu soluri argiloase și argilo-lutoase, norme reduse de irigare;

Tabelul 5.30

Clasificarea apei de irigație după conținutul în bor (ppm) (după *Richards* 1954)

Toleranța plantelor			Calitatea apei de irigație
Sensibile	Semitolerante	Tolerante	
< 0,33	< 0,67	< 1,0	Foarte bună
0,34 - 0,67	0,68 - 1,33	1,01 - 2,00	Bună
0,68 - 1,00	1,34 - 2,00	2,01 - 3,00	Satisfăcătoare
1,01 - 1,25	2,01 - 2,50	3,01 - 3,75	Tolerabilă
> 1,26	> 2,51	> 3,76	Necorespunzătoare

Tabelul 5.31

Toleranța relativă a plantelor la conținutul în bor al apei de irigație (după *FAO*, 1971)

Sensibile	Semitolerante		Tolerante
Anghinare	Ardei	Porumb	Ceapă
Cais	Batat	Ridichi	Fasole
Cireș	Bumbac	Tomate	Gladiole
Lămâi	Cartof	Trandafir	Lăptucă
Mar	Dovleac		Lucernă
Nuc	Fasole		Morcov
Piersic	Floarea soarelui		Nap
Prun	Grâu		Sfeclă pt. zahăr
Păr	Mazăre		Sparanghel
Portocal	Măslin		Turneps
Smochin	Mei		Varză
Ulm american	Ovăz		
Viță de vie	Orz		

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.32

Clasificarea apelor de irigaţie după conţinutul în carbonat de sodiu rezidual (după *FAO*, 1971)

Calitatea apei de irigaţie	Admisibilă	Tolerabilă	Necorespunzătoare
Carbonat de sodiu rezidual (me) $C.S.R. = (HCO_3^- + CO_3^{--}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$	< 1,25	1,25 - 2,50	> 2,50

Tabelul 5.33

Calitatea apei pentru irigaţie în funcţie de numărul germenilor coliformi (STAS 4950/88)

Nr. de germeni coliformi/l	Calitatea apei pentru irigaţie
$< 10^2$	*Potabilă* - utilizabilă pentru toate plantele şi pe toate solurile
$10^2 - 10^5$	*Moderat poluată* - utilizabilă pentru toate plantele şi pe toate solurile, cu excepţia plantelor cu destinaţie alimentară şi furajeră în stare proaspătă sau conservată şi a solurilor foarte permeabile
$> 10^5$	*Intens poluată* - utilizabilă numai pentru culturile ale căror produse sunt prelucrate termic industrial şi pe solurile cu pânză de apă freatică la o adâncime de peste 4m

Tabelul 5.34

Condiţii de utilizare a apelor uzate la irigare (după *Gobjilă V.* şi colab., 1972)

Categorii de ape uzate	Condiţii de utilizare şi restricţii
Orăşeneşti	Se pot folosi în funcţie de sursa de apă. Se exclud cele care au un conţinut salin mare, conţin produse sodice combinaţii cu bor, mangan ce pot da naştere la combinaţii fitotoxice.
De la ferme zootehnice	Trebuie verificat conţinutul salin. De asemenea, trebuie să se ţină seama de conţinutul în suspensii ce impune decantarea şi de starea naturală a solului.
De la prelucrarea laptelui şi derivatelor	Trebuie să se verifice conţinutul salin determinat de agenţii de spălare.
De la industria amidonului, glucozei	Au conţinut mare de suspensii, este necesară decantarea. Preferabil să se excludă de la cultură plantele ce pot transmite microorganisme patogene(porumb, cartof etc).
De la industria zahărului	Sunt necesare măsuri de decantare şi neutralizare. În general, sunt disponibile la sfârşitul perioadei de vegetaţie.
De la industria berii	Se pot folosi de la caz la caz în funcţie de conţinutul şi substanţele organice biogene şi saline.
De la prelucrarea fructelor şi legumelor	De urmărit conţinutul salin, conţinutul în suspensii (decantare) şi prezenţa microorganismelor fitopatogene.
De la industria hârtiei	Pot fi folosite la irigaţii dacă nu sunt amestecate cu alte surse de impurificare.
De la industria plăcilor fibrolemnoase şi tratarea hidrotermică a lemnului	Au conţinut ridicat în suspensii organice (decantare). Substanţe biogene şi saline moderate.

Scanned with OKEN Scanner

Apele uzate de la sanatoriile balneare, ale căror reziduuri saline depăşesc 1 g/l iar la cloruri 250 mg/l, se pot folosi la irigare după o prealabilă diluare cu apă convenţional curată. Pentru aceasta, sunt necesare bazine de acumulare şi omogenizare a apelor uzate, care prezintă mari variaţii cantitative şi calitative ale elementelor saline şi fertilizante.

Unele componente nedorite pot fi înlăturate din apele uzate prin epurare mecanică sau mecano-chimică iar pentru îndepărtarea unor elemente nocive sau microorganisme patogene se recurge la epurarea în mai multe trepte urmată de dezinfecţie. La alegerea apei uzate pentru irigare trebuie să se ţină seama şi de proveniența ei, întrucât cele provenite de la întreprinderi care prelucrează minereu de fier, fabrici de celuloză, tăbăcării sau vopsitorii conţin adesea arsen, plumb, cupru, zinc şi nu sunt potrivite pentru irigare. Reziduurile din apele uzate provenite de la industria chimică pot distruge vieţuitoarele din sol (tab. 5.34).

La proiectarea şi execuţia staţiei de epurare şi a sistemului de distribuţie a apelor uzate trebuie să se ţină seama că unele componente ale acestor ape (amoniu, sulfaţi, cloruri ş.a.) au acţiune corozivă asupra betonului, fontei, oţelului etc (*Iga N.* şi colab., 1984).

Conţinutul apei în aluviuni. Materialul aluvionar provine, de cele mai multe ori, din erodarea solului de pe versantele limitrofe surselor de apă folosite la irigaţii. După caracterul mişcării lor se deosebesc aluviuni în suspensie şi aluviuni de fund, pe care apa le transportă prin târâre, alunecare sau rostogolire, după viteza apei şi debitului ei. După mărimea, aluviunile pot fi bolovani ($ø > 200$ mm), pietre ($ø = 60 - 200$ mm), pietriş ($ø = 2 - 60$ mm), nisip ($ø = 0{,}05 - 2{,}0$ mm), praf ($ø = 0{,}005 - 0{,}05$ mm) şi argilă ($ø < 0{,}0005$ mm). Sedimentarea acestor aluviuni se face cu atât mai repede cu cât ele sunt mai mari. Pietrişul are viteza de sedimentare de aproximativ 1 mm/s, nisipul fin 8 mm/s iar suspensiile fine 0,154 mm/s. Ajunse pe terenul de irigat particulele de nisip, praf şi argilă pot modifica textura solului. Cantitatea medie anuală de aluviuni se poate calcula orientativ cu relaţia:

$$V = 1000 \cdot a \cdot l \qquad (5.1)$$

în care:

- V - cantitatea de aluviuni (kg/m^3);
- l - panta hidraulică a curentului;
- a - coeficient în funcţie de gradul de eroziune a solului, cu valori între 1 în cazul solurilor greu erodabile şi 8 la cele uşor erodabile.

Compoziţia chimică a aluviunilor variază mult de la un râu la altul şi în diferite perioade ale anului.

În cazul apelor uzate, particulele în suspensie pot apare în timpul procesului tehnologic, aşa cum este cazul fabricilor de celuloză, sau de la spălarea rădăcinilor de sfeclă şi a tuberculilor de cartof în fabricile de zahăr şi de amidon. Apele uzate menajere pot conţine importante cantităţi de substanţă organică şi la irigare înrăutăţesc însuşirile fizice ale solului datorită unei pojghiţe impermeabile care se formează la suprafaţa terenului. Excesul de azot din unele categorii de ape uzate poate determina creşterea luxuriantă a plantelor pe terenurile irigate şi sensibilizarea lor la boli. Apele uzate evacuate din municipiul Iaşi la unul din

Scanned with OKEN Scanner

efluenți conțineau, în anul 1955 în medie, 370 mg/l suspensii din care, 33 % substanțe minerale și 67 % substanțe organice (*Cotrău M.* și colab., 1959).

Temperatura apei. În general, apa de irigat trebuie să aibă temperatura apropiată de cea optimă pentru dezvoltarea plantelor și cele mai multe surse de apă din țara noastră îndeplinesc această condiție, cu excepția apelor din pânza freatică care pot fi prea reci și a celor din bălțile mici care pot fi prea calde și sărace în oxigen. În timpul verii, apa râurilor din zona irigabilă a României are temperatura ceva mai scăzută decât suprafața solului și aceasta poate determina sporirea producției în zonele calde din Dobrogea (tab. 5.35).

Tabelul 5.35

Influența temperaturii apei de irigație asupra producției unor culturi la Mangalia, jud. Constanța (după *Pricop Gh.* citat de *Blidaru V.*, 1969)

Metoda de udare	T (°C)	Producția (kg/ha)					
		Tomate	Ardei	Vinete	Varză	Sfeclă	Porumb furajer
Aspersiune	22	27650	14900	9460	20750	22500	24000
Aspersiune	11	31600	19990	12220	32600	31500	38000
Inundare	22	34300	18600	9950	26600	26000	24000
Inundare	11	38400	22900	15000	41000	43000	36500

Apa râurilor care izvorăsc din zonele de munte este ceva mai rece și de aceea, pentru a se încălzi, trebuie lăsată să circule un timp mai îndelungat pe canale sau prin conducte metalice. La irigarea prin aspersiune apa se încălzește în contact cu aerul. Dimpotrivă, apele uzate pot avea temperatura mai ridicată decât a mediului înconjurător și atunci se lasă să se răcească în bazine sau canale special amenajate. Apele de răcire evacuate de la unele întreprinderi pot fi dirijate pentru încălzirea unor sere în sezonul rece al anului. Pentru obținerea legumelor timpurii se pot folosi la irigare, primăvara devreme, ape ceva mai calde decât solul.

Tabelul 5.36

Conținutul în oxigen al apei în funcție de temperatură

Temperatura (°C)	Conținutul de oxigen (mg/l)
0	14,6
5	12,7
10	11,3
15	90,1
20	9,1
25	8,3
30	7,5

Gradul de aerație al apei. Aerul din apa de irigație participă - prin intermediul oxigenului pe care îl conține - la procesele de oxidare din sol și este bine ca gradul de aerație să fie cât mai ridicat. Apele curgătoare au, în general, un conținut ridicat în oxigen (7 - 15 mg/l) în timp ce apele stătătoare și subterane sunt mai sărace în oxigen și deci mai puțin potrivite pentru irigații. Conținutul în oxigen al apei scade pe măsură ce apa se încălzește (tab. 5.36).

Apele uzate provenite de la diferite întreprinderi industriale pot avea un conținut redus în oxigen, pentru că acesta este consumat de microorganismele aerobe care descompun substanța organică din apele respective. Unele ape uzate au la evacuare temperaturi mai ridicate decât mediul înconjurător și din această cauză sunt mai sărace în

Scanned with OKEN Scanner

oxigen. Din acest motiv, înainte de folosirea pentru irigații, apele uzate trebuiesc controlate şi sub aspectul gradului de aerație.

Gradul de aciditate sau alcalinitate al apei (*pH*). Cele mai multe plante cultivate se dezvoltă normal când reacția soluției solului este neutră. De aceea, se consideră potrivită pentru irigare apa care are pH-ul cuprins între 6,5 şi 7,2. Sunt tolerabile pentru irigare apele cu valorile *pH* de 5,5 - 6,4 sau 7,3 - 7,6. Poluarea diferitelor râuri poate modifica *pH*-ul apei astfel încât aceasta să nu mai poată fi folosită la irigare. Apele uzate sunt adesea necorespunzătoare datorită gradului lor de aciditate sau alcalinitate şi trebuie diluate cu alte ape sau tratate cu amendamente etc.

5.3.2.2 Irigarea cu ape uzate. Irigarea cu ape de canalizare fecaloid-menajere şi industriale se practică încă de la începutul secolului XX în diferite țări ale lumii cum ar fi: Anglia, Canada, Franța, Portugalia, Rusia, S.U.A., Ungaria etc. La noi în țară se aplică irigarea cu ape uzate de 6 - 7 decenii în jurul oraşelor Oradea, Arad, Timişoara, Constanța şi în alte zone, iar în anul 1965 s-a desfăşurat la Bucureşti a IV-a Conferință Internațională pentru utilizarea apelor uzate la irigarea culturilor agricole. După evidențele existente la Regia Autonomă a Apelor Române se pot iriga cu ape uzate suprafețe de 307 ha până la 12.104 ha în diferite județe din țară iar suprafața totală poate ajunge la 133.356 ha (*Popescu Ch.*, *Tobolcea V.*, 1994).

Folosirea apelor uzate la irigarea culturilor agricole prezintă câteva avantaje. Astfel, se reduce consumul de apă convențional curată care este solicitată din ce în ce mai mult pentru alte întrebuințări. Se aduc în sol, odată cu irigarea, substanțe nutritive necesare plantelor, reducându-se în acest fel dozele de îngrăşăminte care sunt energofage şi costisitoare. De exemplu, apele uzate din zona Constanța Nord - Mamaia, au adus în sol circa 150 kg/ha azot, 100 kg/ha potasiu, până la 50 kg/ha fosfor şi alte elemente, la o normă de irigare de 1000 - 5000 m^3/ha (*Popa M.*, *Renea Şt.*, 1976). Conținutul acestor ape uzate în elemente nutritive variază însă de la o lună la alta. Apele uzate de la industriile alimentară şi uşoară conțin cantități însemnate de elemente fertilizante (tab. 5.37).

Tabelul 5.37

Conținutul de substanțe fertilizante al apelor reziduale de la unele fabrici din industriile alimentară şi uşoară (după *Jelea F.* şi *Pricop Gh.*, 1966)

Nr. crt.	Sursa de apă utilizată	Cantități (mg/l)			
		N	P_2O_5	*K*	*CaO*
1	Abatoare	145 - 428	18,7 - 155	28,7 - 142	110 - 302
2	Fabrici de clei din piele	481	356	228	611
3	Fabrici de zahăr	30	10	50	170
4	Distilerii	340 - 480	203 - 235	2046 - 2296	-
5	Fabrici de bere	22 - 64	9,5 - 14,1	20,6 - 100	128 - 155
6	Fabrici de lapte	35	18	24	90
7	Fabrici de amidon - cartofi - cereale	 208 1200	 120 900	 504 650	 - -
8	Topitorii de cânepă	43	72	360	209

Scanned with OKEN Scanner

De la creşcătoriile de animale rezultă de asemenea ape uzate cu un conţinut ridicat în substanţe nutritive pentru plante (tab. 5.38). Folosind apele uzate la irigarea culturilor se poate reduce procesul de poluare a mediului atunci când solul are posibilităţi de autoepurare.

Tabelul 5.38

Caracteristicile fizico-chimice (mg/l) ale apei uzate nedecantate şi decantate de la creşcătoriile de porci (după *Iga N.*, 1980)

Caracteristici	Apă uzată nedecantată		Apă uzată decantată	
	Limite de variaţie	Media	Limite de variaţie	Media
pH	7,0 - 8,2	7,5	6,8 - 8,0	7,5
Suspensii totale	4600 - 8250	6425	1900 - 2100	200
Reziduu fix	3700 - 7100	5400	1500 - 3250	2375
N total	460 - 860	660	270 - 620	430
P total	35 - 110	75	25 - 95	60
K total	200 - 250	225	180 - 260	220
Fenoli	0,03 - 0,04	0,035	0,02 - 0,03	0,025

La irigarea cu ape uzate trebuie însă luate câteva măsuri pentru evitarea degradării solului şi a produselor agricole, extinderea anumitor boli etc. Astfel, trebuie cunoscută compoziţia chimică a apei iar dacă aceasta se modifică în timp, determinările trebuie reperate. Apele provenite de la diferite sectoare industriale pot conţine metale grele (cupru, zinc, crom, mercur, mangan), acizi minerali (azotic, sulfuric, clorhidric) sau hidroxizi, hidrogen sulfurat etc şi toate acestea depreciază însuşirile solului, modifică *pH*-ul şi îi reduc capacitatea de producţie.

Normele de irigare sunt în general cuprinse între 2.000 - 3.500 m^3/ha pentru culturile de câmp şi 5.000 - 6.000 m^3/ha pentru ierburi, dar la stabilirea acestor norme trebuie să se ţină seama nu numai de deficitul de apă al solului ci şi de conţinutul apei în azot, fosfor, potasiu, microelemente, metale grele etc.

Pentru a crea condiţiile potrivite de folosire a apelor uzate pentru irigare este necesară colaborarea între diferiţi specialişti care să confirme că apa întruneşte caracteristicile chimice şi biologice după necesităţi. Astfel, dacă compuşii cu azot, fosfor sau potasiu din apele uzate sunt în cantităţi mai mari decât necesarul în sistemul sol-plantă, atunci acestea sunt reduse la limitele dorite prin diluare, iar dacă substanţele respective sunt în cantităţi prea mici, se adaugă componentele necesare. De asemeni, trebuie să se ia în consideraţie capacitatea solului de a reţine ionii de amoniu şi alţi ioni existenţi în apă şi aceasta depinde de textura lui, condiţiile de aerisire, oxidare, permeabilitate precum şi temperatura apei şi a solului, etc. Apa freatică trebuie să se găsească la adâncime mare pentru a evita poluarea ei. Pe terenurile cu permeabilitate redusă trebuie construită o reţea de drenaj.

Intervalul dintre udări se stabileşte astfel încât să se asigure începutul mineralizării substanţelor organice introduse în sol la udarea precedentă. Irigarea se face, de preferinţă, prin brazde, aşa încât apa să nu vină în contact cu părţile aeriene ale plantelor şi ea trebuie oprită cu 20 - 30 zile înainte de recoltare. Adesea se renunţă la irigarea cu ape uzate a culturilor ce dau recolte care se consumă

Scanned with OKEN Scanner

neprelucrate termic cum ar fi plantele furajere, legumele, vița de vie, pomii fructiferi etc. Dacă totuși se irigă asemenea culturi, folosirea recoltei se face numai cu avizul organelor sanitare și zoo-veterinare. Apele uzate au, în general, temperatura ceva mai ridicată și culturile irigate cu aceste ape ajung mai timpuriu la faza de recoltare. În timpul vegetației se iau măsuri mai energice de combatere a dăunătorilor animali pentru a proteja culturile respective și pentru prevenirea vehiculării unor microorganisme patogene.

Terenurile irigate cu ape uzate trebuie să fie situate la distanțe de cel puțin 200 m de centrele populate și 1.000 m amonte față de captările de apă potabilă și industrială. Este de dorit ca aceste terenuri să fie împrejmuite cu o perdea de protecție de circa 20 m lățime pentru a evita poluarea atmosferei.

Cercetările efectuate la Periș - Ilfov, pe sol brun-roșcat, au arătat că administrarea timp de 20 de ani a apelor uzate decantate, provenite de la complexele de creștere a porcilor n-au produs modificări negative în sol, din punct de vedere agrochimic. Astfel conținutul în humus a solului a crescut de la 1,81 % la 2,13 % ca urmare a acumulării de substanțe organice provenite din apele uzate, azotul total a sporit de la 0,078 % la 0,097 %, fosforul total de la 0,280 % la 0,334 %. În orizonturile superioare ale solului conținutul în fosfor mobil a crescut de la 15 mg/100 g sol la 48 mg/100 g sol iar potasiul mobil de la 34 mg/100 g sol la 58 mg/100 g sol. Conținutul total în săruri a sporit de la 52 mg/100 g sol la 78 mg/100 g sol, dar fără pericol de salinizare. La plantele de porumb siloz, cultivate pe teren irigat cu ape uzate, a sporit conținutul în substanțe proteice din frunze, tulpină și știuleți cu 1,98 - 4,11 % față de terenul neirigat (*Jinga I.* și colab., 1997; *Dumitriu E.* și colab. - 1984). Apele uzate provenite de la crescătoriile de păsări au dat rezultate bune la irigarea culturilor de porumb și soia. Irigarea cu ape reziduale de la fabricile de amidon a determinat schimbări nesemnificative ale greutății volumetrice a solului (*Teodoru O.*, *Gruia E.*, 1967).

Pe terenurile argiloase, cu permeabilitate scăzută, pentru a evita salinizarea secundară a solului trebuie să se aplice irigarea odată la 2 ani sau să se dilueze apa uzată cu apă convențional curată în diluție 1/5 sau să se folosească norme mici de udare. La Berveni-Carei și la Cornul Luncii-Fălticeni s-au folosit la irigare ape reziduale de la topitoriile de in și cânepă, tratate numai cu carbonat de calciu pentru neutralizarea acidității și s-au înregistrat sporuri de recoltă de 23 - 24 % la porumb, 23 - 28 % la guliile furajere (*Avrigeanu G.* și colab., 1984). Urmărindu-se, la Periș-Ilfov, efectul irigației cu ape uzate decantate, în comparație cu apa convențional curată, fără îngrășăminte, s-au înregistrat următoarele sporuri de recoltă în favoarea apelor uzate: porumb boabe 19,9 %, lucernă 21,5 %, iarba de Sudan 7,2 %, sfecla pentru zahăr 18,9 %. La unele culturi apele uzate au sporit recolta mai mult decât apa convențional curată la care s-au adăugat și îngrășăminte (N_{100}, P_{50}). Astfel, la cânepă tulpini diferența de recoltă a fost de 45 %, la sfecla pentru zahăr 6 %, la cartof 6 %, la sorg boabe 98 %, la golomăț 41 % etc. Aceste sporuri de recoltă se datorează substanțelor nutritive pe care le aduc în sol apele uzate odată cu irigarea. Se apreciază că la irigarea cu ape uzate decantate, la plafonul minim de 70 % din intervalul umidității active, se aduc în sol 578 - 1.450 kg/ha azot total, 53 - 203 kg/ha fosfor, 340 - 405 kg/ha potasiu (*Ionescu A.* și colab., 1985).

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a se cunoaşte calitatea produselor obţinute la culturile irigate cu ape uzate s-au făcut determinări care au dovedit, în unele cazuri, o îmbunătăţire a calităţii faţă de irigarea cu apă convenţional curată. Astfel la boabele de porumb a crescut conţinutul în proteine de la 12,4 % la 13,7 % din substanţa uscată iar conţinutul în zaharuri şi grăsime brută nu s-a modificat. La porumbul pentru siloz a sporit proteina brută de la 7,0 % la 11,3 % din substanţa uscată, remarcându-se acest lucru atât în frunze şi tulpini cât şi în ştiuleţi. A sporit de asemenea conţinutul în grăsime brută de la 1,2 % la 1,6 % iar conţinutul în celuloză a scăzut de la 20,1 % la 18,8 %. La fânul de lucernă a crescut proteina brută de la 20,3 % la 22,7 % iar zaharurile solubile de la 6,5 % la 7,3 %. Prin irigarea cu ape uzate s-a remarcat o creştere a conţinutului în aminoacizi liberi din boabele de porumb. La sfecla de zahăr s-a remarcat o reducere a conţinutului în zahăr cu 1 %, cenuşă cu 0,6 % şi zaharuri solubile cu 2 %. Folosind nutreţul obţinut pe terenuri irigate cu ape uzate la hrana diferitelor specii de animale (porci, găini, berbecuţi) şi determinând digestibilitatea şi metabolismul mineral şi proteic s-a ajuns la concluzia că aceste nutreţuri se pot introduce limitat în raţiile animalelor de reproducţie şi fără restricţii la alte categorii de animale (*Ionescu A.* şi colab., 1985).

Irigarea cu apă activată magneto-hidrodinamic. Experienţe organizate la Institutul Agronomic din Iaşi, în perioada 1985 - 1987, au dovedit că apa activată magneto-hidrodinamic, folosită la irigare, a sporit recolta mai mult decât apa netratată, cu 367 kg/ha la porumb, 242 kg/ha la floarea soarelui şi cu 1.667 kg/ha la sfecla pentru zahăr. Irigarea cu apă activată şi fertilizarea au determinat sporuri mai mari de recoltă care, au ajuns la 435 kg/ha la floarea soarelui şi 3.533 kg/ha la sfecla pentru zahăr (*Creţu A.*, 1988).

5.3.2.3 Metode de udare. Metodele de udare se referă la modul cum apa de irigare parcurge drumul de la punctul de distribuţie (hidrant, conductă etc) până la plantă. După scopul urmărit se pot deosebi mai multe feluri de udări: pentru creşterea umidităţii solului, distribuirea substanţelor fertilizante, combaterea bolilor şi dăunătorilor, combaterea buruienilor, corectarea microclimatului. La noi în ţară se folosesc, în mod frecvent metodele de udare prin scurgere la suprafaţă şi prin aspersiune. Într-o proporţie mai redusă se aplică udarea prin submersiune şi localizată. La alegerea metodei de udare trebuie să se ţină seama de câteva condiţii, cum ar fi: consumul de apă cât mai redus, distribuţia uniformă a apei pe terenul irigat, micşorarea pierderilor de apă prin evaporare, scurgere la suprafaţă sau infiltraţie, menţinerea fertilităţii solului.

Udarea prin scurgere la suprafaţă. La aplicarea udărilor prin această metodă apa este distribuită pe teren prin brazde deschise între rândurile de plante (fig. 5.11), prin brazde însămânţate (corugate) sau prin fâşii (bazine), umezindu-se prin infiltraţie stratul de sol explorat de masa principală de rădăcini. În primele cazuri, apa se infiltrează atât pe verticală cât şi lateral (fig. 5.12) însă la udarea prin fâşii, pătrunderea apei în sol se face preponderent vertical, odată cu apa de irigaţie fiind antrenate spre baza profilului sărurile uşor solubile. De asemenea, în cazul udării prin fâşii se pierde multă apă prin evaporaţie din stratul de inundare. La solurile argiloase, cu viteza de infiltraţie redusă, cantităţile mari de apă folosită la aplicarea

Scanned with OKEN Scanner

udărilor determină ridicarea nivelului freatic şi sporirea pericolului salinizării secundare a solului.

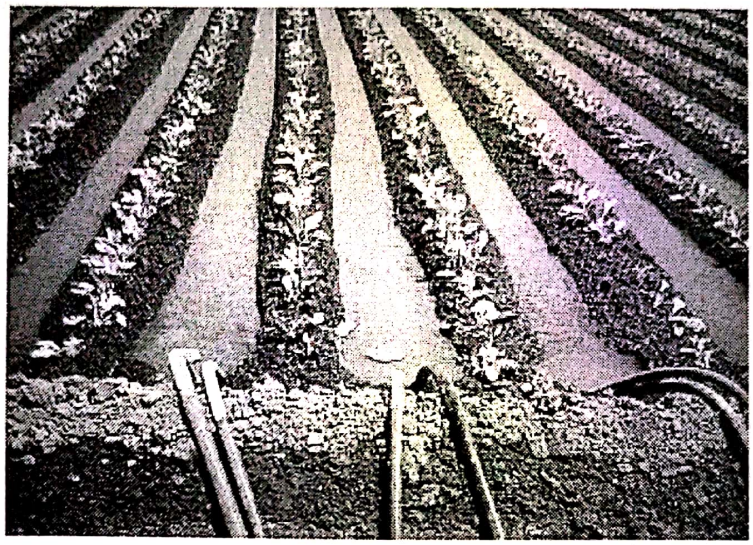


Fig. 5.11 Udarea prin brazde alimentate cu sifoane hidrometre

Fig. 5.12 Infiltrarea apei din brazdele de udare

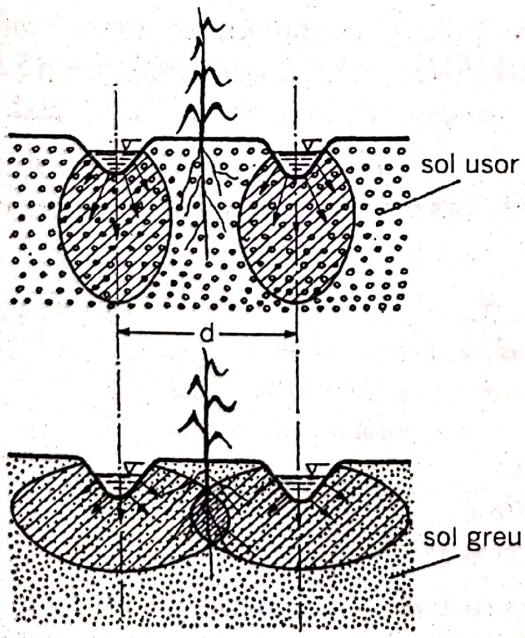


Fig. 5.13 Circulaţia apei infiltrate din brazdă în funcţie de textura solului

Udarea prin brazde se foloseşte la culturile însămânţate în rânduri rare (prăşitoare), iar prin corugate sau fâşii se udă culturile dese (cereale, plante furajere). Pentru a evita pierderile mari de apă prin infiltraţie, metoda de udare prin scurgere la suprafaţă, nu se aplică pe soluri unde viteza de infiltraţie depăşeşte 36 mm/oră.

Udarea prin scurgere la suprafaţă se poate aplica pe terenuri plane sau cu pantă de cel mult 3 %, unde nu se cer cheltuieli mari pentru nivelare. Reţeaua provizorie de irigaţie este formată din canale provizorii, care primesc apa din canalul distribuitor de sector şi o conduc în rigole iar de aici apa trece în brazdele de udare sau fâşii. Canalele provizorii şi

Scanned with OKEN Scanner

rigolele pot fi înlocuite prin conducte flexibile sau rigide, care se demontează după fiecare udare. La udarea pe brazde distanța dintre ele variază între 50 și 180 cm și depinde de permeabilitatea solului, pantă și posibilitățile de mecanizare a lucrărilor. Pe solurile argiloase apa se infiltrează mai mult pe orizontală, iar pe soluri nisipoase mai mult pe verticală (fig. 5.13) și distanța între rânduri va fi în primul caz mai mare și în cazul al doilea mai mică. Lungimea brazdelor variază între 70 și 500 m, în funcție de panta terenului și permeabilitatea solului. Viteza de scurgere a apei pe brazde nu trebuie să depășească 0,2 - 0,5 m/sec, pentru a evita fenomenul de eroziune. Între debitul de alimentare, lungimea brazdelor și distanța dintre ele există următoarea relație:

$$q = \frac{m \cdot d \cdot l}{600 \cdot t} \tag{5.2}$$

în care:

- q - debitul de alimentare a brazdei (l/s);
- m - norma de udare (m^3/ha);
- d - distanța între brazdele de udare (m);
- l - lungimea brazdei (m);
- t - durata udării (min).

Observațiile au arătat că pentru umezirea uniformă a solului pe toată lungimea brazdei, debitul trebuie redus la jumătate când șuvoiul de apă a ajuns la capătul brazdei. Pe solurile foarte puțin permeabile, debitul inițial se poate reduce la 1/3 sau chiar 1/4.

Timpul necesar pentru umezirea solului în spațiul aferent unei brazde (t) depinde de durata parcurgerii de către unda de avans a lungimii brazdei (t_1) și de durata umezirii stratului de sol cu rădăcini (t_2):

$$\begin{aligned} t &= t_1 + t_2 \\ t_1 &= (1/4 ... 1/6)\, t \\ t_2 &= (3/4 ... 5/6)\, t \end{aligned} \tag{5.3}$$

Lungimea potrivită a brazdei se determină pe cale experimentală, urmărind uniformitatea de umezire a solului în lungul brazdei sau prin calcul, folosind relația:

$$l = 3600 \frac{q}{d \cdot v} \tag{5.4}$$

în care:

- l - lungimea brazdei de udare (m);
- q - debitul de alimentare a brazdei (l/s);
- d - distanța dintre brazdele de udare (m);
- v - viteza medie de infiltrație a apei în sol (mm/h);

Brazdele se amenajează în preajma începerii udărilor, folosind pentru aceasta un cultivator suspendat, prevăzut cu corpuri de rariță și eventual, un cuțit montat în față, pentru a tăia pământul până la adâncimea de deschidere a brazdei dacă solul este tasat sau are o umiditate necorespunzătoare (fig. 5.14).

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 5.14 Deschiderea brazdelor de udare

În timpul executării lucrărilor de întreținere a culturii nu trebuie deranjate brazdele. Pe terenuri cu pantă de 1,5 - 4 % se pune în evidență procesul de eroziune a solului şi de aceea brazdele de udare se amenajează pe direcția generală a curbelor de nivel, iar rigolele de irigație care trebuie orientate pe direcția de cea mai mare pantă, se înlocuiesc cu conducte transportabile, flexibile sau rigide. Pe terenurile cu pantă mai mare irigarea pe brazde devine dificilă, căci spargerea pereților unei singure brazde determină o acțiune în lanț de rupere a brazdelor, eroziunea solului şi dezrădăcinarea plantelor. Pe aceste terenuri trebuie să se amenajeze şi canale de evacuare în zonele depresionare pentru eliminarea excesului de apă provenit din precipitații sau irigare.

Fâşiile de udare reprezintă suprafețe de formă dreptunghiulară cu lățimea de 2-10 m şi lungimea de 150 - 200 m, delimitate de digulețe înalte de 15 - 20 cm. Lățimea fâşiei este identică cu lățimea semănătorii sau un multiplu al acesteia, iar lungimea este cu atât mai mare, cu cât solul este mai argilos. Terenul trebuie să fie bine nivelat, asigurându-se o pantă de 0,2 - 0,5 ‰ necesară pentru scurgerea apei iar amenajarea digulețelor se poate face cu ajutorul unui dispozitiv simplu, ridgerul. La introducerea apei în fâşie aceasta formează un strat gros de 2-5 cm şi înaintează cu o viteză de 0,1-0,2 m/sec, infiltrându-se totodată în sol. Cantitatea de apă introdusă pe fâşie depinde de debitul unitar şi lățimea ei.

$$q_f = q_u \cdot d \qquad (5.5)$$

în care:

q_f - debitul de alimentare a fâşiei (l/s);
q_u - debitul unitar, pentru 1 m lățime de fâşie (1/s);
d - lățimea fâşiei (m).

Debitul unitar se poate calcula cu formula empirică:

$$q_u = \frac{A}{(i_f)^{0,75}} \qquad (5.6)$$

în care:

q_u - debitul unitar (1/s);

Scanned with OKEN Scanner

A - coeficient ce variază în funcție de textura solului (0,5 pentru solurile nisipoase; 0,6 pentru solurile lutoase și 0,7 pentru solurile argiloase);

i_f - panta în lungul fâșiei (%).

Observațiile au arătat că pentru o umezire uniformă a solului pe toată lungimea fâșiei se poate menține debitul constant pe întreaga durată de aplicare a udării.

Lungimea fâșiei de udare se poate stabili ținând seama de permeabilitatea solului sau folosind formule empirice.

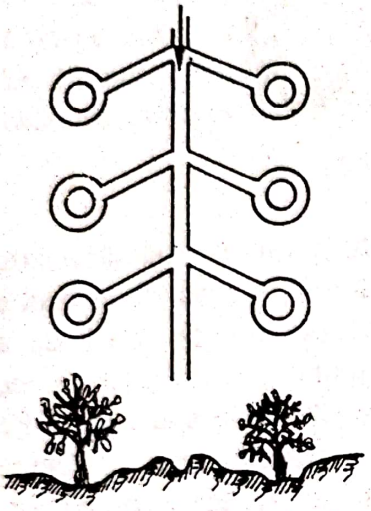


Fig. 5.15 Irigarea pomilor prin rigole circulare

Durata de udare a unei fâșii se apreciază ca și în cazul brazdelor. Udarea prin fâșii prezintă dezavantajul că după infiltrarea apei se formează o crustă la suprafața solului care împiedică pătrunderea aerului și creșterea normală a plantelor. Prin rețeaua de canale și digulețe se scoate din folosință 8 - 15 % din suprafața totală.

Pe terenurile salinizate această metodă de udare este potrivită, deoarece poate determina spălarea sărurilor în adâncime și evacuarea lor de pe terenul unde s-a amenajat o rețea de drenaj.

Pentru dirijarea apei în rețeaua provizorie se folosesc diferite dispozitive, cum ar fi: panouri mobile, sifoane portabile și tuburi de udare. Panourile mobile servesc pentru reglarea nivelului apei în canalele provizorii și în rigole. Ele se așează transversal în secțiunea canalului și barează trecerea apei determinând ridicarea nivelului. Sifoanele portabile servesc la trecerea apei din canalul provizoriu în rigolă sau de aici în brazde sau fâșii peste coronamentul digulețului. Ele se confecționează din metal, cauciuc sau material plastic și au diferite forme: trapezoidală, arc de cerc, gât de lebădă, după forma taluzului canalului.

Debitul unui sifon se calculează cu formula:

$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \qquad (5.7)$$

în care:

Q - debitul sifonului (m^3/s);

μ - coeficientul de debit ($\mu \approx 0,6$);

ω - aria secțiunii transversale a sifonului (m^2);

g - accelerația gravitației (m/s^2);

h - diferența de nivel sub care se efectuează scurgerea (m).

Conductele de udare transportabile, echipamente utilizate în sistemele moderne de irigație prin scurgere la suprafață, sunt confecționate din aluminiu, material plastic sau cauciuc butyl și sunt prevăzute cu orificii reglabile. Orificiile sunt prevăzute cu mânecuțe care au rolul de a diminua energia cinetică a jetului de apă, în vederea prevenirii eroziunii în partea frontală a brazdelor.

În livezi, irigarea se poate face și prin rigole drepte, în zig-zag sau circulare (fig. 5.15).

Scanned with OKEN Scanner

Udarea prin aspersiune (fig. 5.16). Metoda constă în distribuirea apei prin intermediul unor instalații prevăzute cu aspersoare, dispozitive care ejectează masa de lichid imitând ploaia naturală. Prin aspersiune se pot aplica udări pe terenuri cu microrelief accidentat sau cu permeabilitate mare, existând posibilitatea dozării precise a cantității de apă distribuite. De asemenea, metoda permite aplicarea udărilor în scopuri speciale (fertilizare, combaterea bolilor şi dăunătorilor plantelor, combaterea efectelor brumelor timpurii de toamnă sau a celor târzii de primăvară).

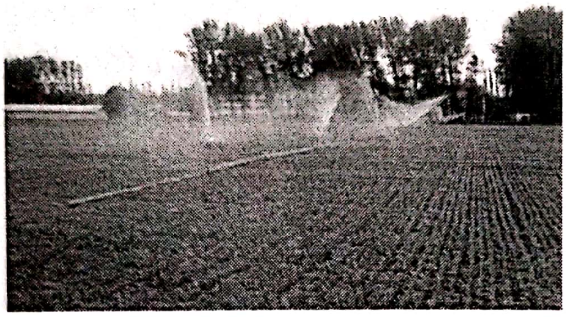


Fig. 5.16 Instalație pentru udarea prin aspersiune

Pentru aprecierea calității ploii aspersate trebuie analizate uniformitatea stropirii, intensitatea şi finețea ploii.

Uniformitatea udării. Distribuirea apei pe terenul irigat nu se realizează în mod uniform în primul rând datorită faptului că aspersoarele udă suprafețe circulare iar intensitatea ploii se reduce spre periferia zonei stropite. Neuniformitatea distribuirii apei se datorează şi vântului, care deformează jetul aspersat, ajungându-se ca la o intensitate a vântului ce depăşeşte 2 m/sec suprafața udată să aibă forma unei elipse cu diametrul mic, reprezentând circa 0,65 din diametrul mare. Deformarea suprafeței de udare devine mai pronunțată la aspersoarele cu rază mare de acțiune. În condițiile climatice din țara noastră s-a observat că cele mai mici viteze ale vântului se înregistrează noaptea, între orele 1 - 6, iar cele mai mari între orele 15 - 17. În general, se poate considera că viteza limită până la care vântul nu afectează semnificativ calitatea udării este de 1,5 m/s, la viteze mai mari fiind necesară adoptarea unor scheme adecvate de amplasare a aspersoarelor. Gradul de uniformitate a stropirii se poate calcula cu relația:

$$G_u = \frac{V_m}{V_M} \tag{5.8}$$

în care:

G_u - gradul de uniformitate a udării;

V_m - volumul mediu colectat în pluviometrele amplasate pe suprafața udată de aspersor (cm^3);

V_M - volumul maxim colectat în unul din pluviometre (cm^3).

Se apreciază că udarea este acceptabilă sub aspectul uniformității dacă G_u are valori mai mari de 0,5.

Intensitatea ploii se apreciază după grosimea stratului de apă realizat în unitatea de timp (mm/minut, mm/oră). Grosimea stratului de apă care ajunge pe sol în timp de o oră se numeşte *intensitatea medie orară reală*. Pentru ca apa de irigație să pătrundă în întregime în sol, fără a se produce băltirea sau scurgerea la suprafață, intensitatea ploii trebuie să fie cel mult egală cu viteza de infiltrație. Dacă intensitatea ploii este prea mică se prelungeşte mult durata de udare.

Scanned with OKEN Scanner

Asemenea udări se aplică când se urmăreşte combaterea buruienilor sau corectarea microclimatului. La celelalte udări, intensitatea ploii trebuie să fie cât mai apropiată de viteza de infiltraţie. Pe terenurile în pantă se micşorează intensitatea ploii, pentru a evita scurgerile de suprafaţă. La udările aplicate în timpul vegetaţiei, o parte din apă este reţinută pe părţile aeriene ale plantelor. Pentru determinarea intensităţii medii orare reale se măsoară cantităţile de apă colectate în cutii pluviometrice amplasate pe suprafaţa stropită de aspersor, iar pentru calcul se foloseşte formula:

$$I_m = 10 \cdot \frac{V_m}{s} \cdot \frac{60}{t} \qquad (5.9)$$

în care:

- I_m - intensitatea medie orară reală (mm/oră);
- V_m - volumul mediu de apă colectat în pluviometre (cm^3);
- s - suprafaţa de colectare a unui pluviometru (cm^2);
- t - durata de efectuare a determinărilor (min).

Cele mai indicate intensităţi sunt cele cuprinse între 6 şi 12 mm/oră.

Finețea sau *granulometria ploii* se referă la mărimea picăturilor care se desprind din jetul aspersat. Picăturile mari lovesc agregatele de sol, producând spargerea lor. Forţa cu care picăturile de apă lovesc agregatele poartă şi numele de forţă de impact. Când această forţă este mare sunt distruse agregatele şi/sau sunt lezate ţesuturile frunzelor. Mărimea picăturilor de ploaie trebuie să fie de 1-2 mm diametru. La picăturile prea mici (cu diametru sub 0,5 mm) se măreşte prea mult suprafaţa de contact cu aerul şi sporeşte procesul de evaporaţie. Din punct de vedere al granulometriei, ploaia aspersată poate fi apreciată astfel:

- ✓ foarte fină, când diametrul picăturilor este sub 1 mm;
- ✓ fină, când diametrul picăturilor este sub 1,5 mm;
- ✓ semifină, când diametrul picăturilor este sub 2 mm;
- ✓ medie, când diametrul picăturilor este sub 2,5 mm;
- ✓ grosieră, când diametrul picăturilor este de 3 mm.

Întrucât determinarea diametrului picăturilor este dificilă, se obişnuieşte să se caracterizeze finețea ploii în funcţie de gradul sau coeficientul de pulverizare (K_p):

$$K_p = \frac{d}{H_m} \qquad (5.10)$$

în care:

- d - diametrul duzei aspersorului (mm);
- H_m - presiunea apei la aspersor, în metri coloană de apă (1 atm =10,3 mCA).

Calitatea udării depinde şi de schema de lucru, adică modul de amplasare pe teren a instalaţiei de aspersiune şi durata staţionării pentru aplicarea udării.

Aşezarea aspersoarelor se poate face în trei moduri: în pătrat, în dreptunghi şi în triunghi. Aşezarea aspersoarelor în pătrat este cea mai potrivită în zonele cu vânturi frecvente şi direcţii schimbătoare. Aşezarea în dreptunghi este potrivită. în zonele cu vânturi cu viteza de peste 2 m/sec şi cu direcţia constantă. Acest mod de

Scanned with OKEN Scanner

aşezare se foloseşte la lungimi ale jetului sub 50 m sau distanţe mai mari între canale (100 m). Aşezarea în triunghi prezintă un coeficient mai mare de uniformitate faţă de celelalte scheme de aşezare şi se aplică în zonele cu vânturi ce au viteza sub 2 m/sec. Aşezarea în triunghi se foloseşte la lungimi ale jetului de peste 50 m sau la distanţe mai mici între canalele de alimentare (80 m).

Udarea prin submersiune. Această metodă constă în inundarea temporară a unor parcele delimitate de diguleţe; la noi în ţară se aplică numai la cultura orezului (fig. 5.17). Această metodă de udare prezintă câteva caracteristici: în fiecare parcelă terenul trebuie să fie perfect orizontal, pentru a asigura distribuirea uniformă a apei, subsolul să fie greu permeabil, pentru a evita pierderi mari de apă prin infiltraţie, amenajarea terenului trebuie astfel făcută încât să permită introducerea şi evacuarea apei, precum şi menţinerea ei la un anumit nivel în fiecare parcelă. Pe terenurile salinizate, amenajând o reţea de drenaj se poate realiza, prin această metodă de udare, îndepărtarea excesului de săruri din straturile superficiale ale solului.

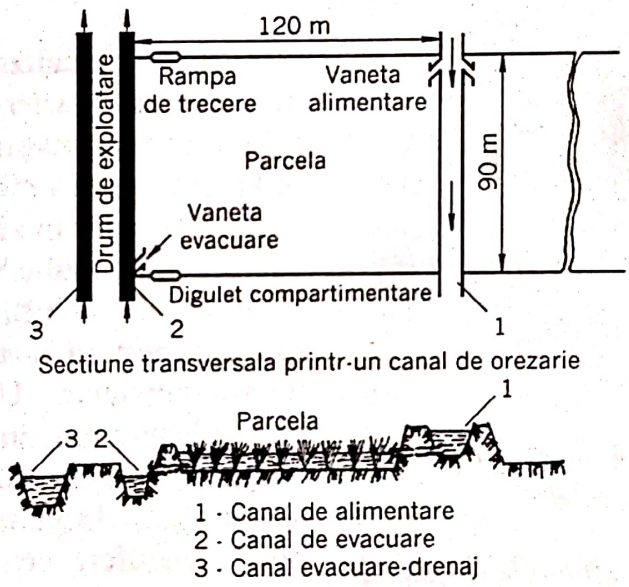


Fig. 5.17 Amenajarea terenului pentru orezărie

Terenul care urmează a fi irigat prin submersiune se delimitează mai întâi în parcele cu suprafaţa de 1 - 1,5 ha, apoi nivelarea se face pe fiecare parcelă în parte, astfel ca să nu apară necesitatea deplasării unei cantităţi prea mari de pământ ceea ce ar duce la neuniformizarea fertilităţii solului. La nivelarea parcelelor va trebui să se ţină seama şi de volumul de pământ necesar pentru amenajarea diguleţelor între parcele. Pe terenurile cu stratul arabil profund. La nivelare se poate îndepărta de la suprafaţă, un strat de sol gros de 30 - 40 cm, iar pe terenurile cu intercalaţii nefertile (pietriş, nisip) la mică adâncime, sau pe sărături, grosimea stratului de sol ce se poate îndepărta de la suprafaţă este mai mică. Permeabilitatea solului nu trebuie să depăşească 1 l/sec·ha pentru a evita pierderi mari de apă în timpul udării. Excepţie fac solurile salinizate, pe care se aplică udări de spălare. Pentru a reduce

Scanned with OKEN Scanner

pierderile de apă prin infiltrație, se folosește - chiar și la cultura orezului - irigarea intermitentă sau periodică (tab. 5.39).

Tabelul 5.39

Consumul de apă și producția obținută la orez pe un sol aluvial luto-nisipos la Bereşti jud. Brăila (după *Uncianschi L.*, 1962)

Regimul de irigare	Producția		Consum de apă (m^3/ha)			
	kg/ha	%	Evaporație	Transpirație	Infiltrație	Total anual
1958						
Periodic	1421	100	4722	5968	31515	42206
Intermitent	1886	134	4440	8276	52723	65439
Continuu	3120	220	4405	9182	55029	68616
1959						
Periodic	3536	100	5258	6145	48450	60253
Intermitent	3432	97	5268	7856	79547	92671
Continuu	4094	115	4887	7949	80570	93406

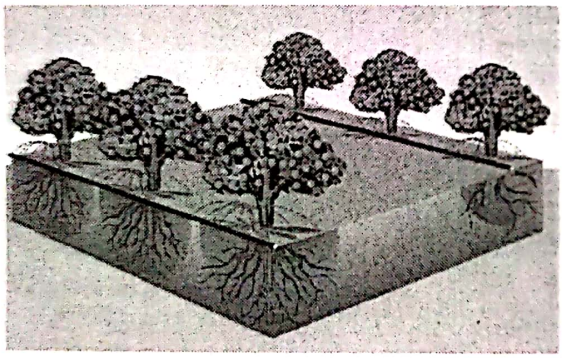


Fig. 5.18 Schema de principiu a udării localizate

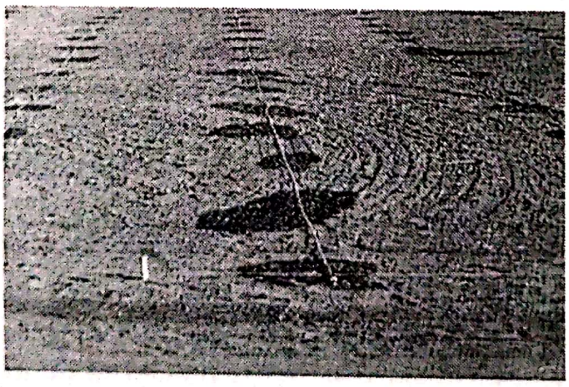


Fig. 5.19 Conductă de udare echipată cu picurătoare

Udarea localizată. Această metodă de udare, se caracterizează prin umezirea solului într-un spațiu restrâns (fig. 5.18), în lungul rândurilor de plante. Metoda se aplică mai mult în sectorul hortiviticol și cuprinde mai multe variante: udarea prin picurare (fig. 5.19), udarea prin rampe (tuburi) perforate, udarea subterană și microaspersiunea. Udarea prin picurare s-a aplicat mai întâi în sere (1947, Anglia) iar după apariția maselor plastice s-a extins și la culturile de viță de vie, pomi fructiferi etc. În comparație cu udarea prin scurgere la suprafață sau aspersiune, udarea prin picurare prezintă câteva avantaje:

✓ apa se distribuie uniform de-a lungul rândurilor de plante reducându-se pierderile prin evaporație și infiltrație;

✓ intervalele dintre rânduri nefiind umezite buruienele cresc mai puțin și se pot efectua lucrările de întreținere fără a se produce tasarea solului iar sărurile din sol sunt levigate către intervalele dintre rânduri (fig. 5.20);

✓ umiditatea atmosferică nu sporește și pericolul dezvoltării unor boli criptogamice se reduce;

Scanned with OKEN Scanner

✓ consumul de energie şi forţă de muncă este mai redus;
✓ se pot iriga terenuri denivelate, argiloase sau nisipoase etc.

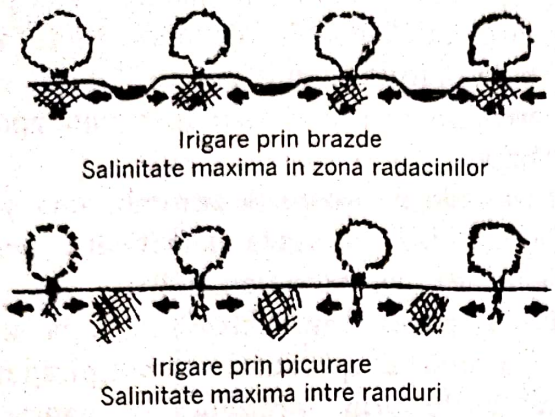


Fig. 5.20 Concentrarea sărurilor în cazul irigaţiei prin picurare comparativ cu irigarea prin brazde

Deşi nu este udată întreaga suprafaţă de teren cultivată, dezvoltarea sistemului radicular al plantelor nu este prejudiciată, iar aerarea solului se face mai bine decât la irigarea prin aspersiune. Producţiile obţinute la irigarea prin picurare sunt asemănătoare cu cele înregistrate la irigarea prin scurgere la suprafaţă sau aspersiune în condiţiile în care consumul de apă este cu 20 - 50 % mai redus. *Luca M.* şi colab. (1992), aplicând udări prin picurare şi prin aspersiune într-o plantaţie de pomi la S.C.P.P. Iaşi obţin, în primul caz, o reducere a consumului de energie pentru pomparea apei cu 77 %, a consumului de apă cu 68 % şi a forţei de muncă cu 65 %. *Halevy* şi colab. (1972) menţionează producţii de 80,5 t/ha la piersicul irigat prin picurare, faţă de 78,4 t/ha în situaţia udării plantaţiei prin aspersiune. Sporuri importante de producţie s-au înregistrat şi la ardei, 15,3 faţă de 13,6 t/ha, tomate, 98 t/ha şi respectiv 78,5 t/ha etc.

Pe lângă aceste avantaje, irigarea prin picurare prezintă însă şi unele inconveniente, cum ar fi: investiţii mari pentru amenajare, necesitatea filtrării apei pentru evitarea înfundării picurătoarelor şi, posibilitatea spălării azotului în profunzime.

La udarea prin rampe (tuburi) perforate se folosesc conducte de polietilenă, în mod obişnuit cu diametrul de 23 mm, prevăzute cu orificii de 1,6 - 2,1 mm prin care apa se scurge în rigole lungi de 4 - 7 m amenajate de-a lungul rândurilor de plante.

Tabelul 5.40

Producţia şi valorificarea apei la irigarea prin diferite metode la porumb, soia şi cartof (media 1974-1976, Fundulea)

Metoda de udare	Porumb boabe			Soia boabe			Cartof		
	q/ha	Σm mm	Eficienţa valorificării apei kg/mm	q/ha	Σm mm	Eficienţa valorificării apei kg/mm	q/ha	Σm mm	Eficienţa valorificării apei kg/mm
Brazde	102	262	9	33	254	2,8	475	329	41
Aspersiune	99	173	11	31	197	2,2	452	240	64
Picurare	111	198	19	38	198	6,4	476	277	85
Neirigat	78	-	-	26	-	-	295	-	-

Scanned with OKEN Scanner

La udarea subterană apa şi eventual îngrăşămintele sunt aduse în sol printr-o reţea de tuburi cu diametrul de 5 - 10 cm îngropate în sol la adâncime potrivită şi prevăzută cu orificii şi fante prin care apa ajunge la rădăcinile plantelor. Metoda aceasta de udare prezintă avantajul că lucrările de îngrijire a culturii pot fi execute concomitent cu aplicarea apei de irigaţie dar orificiile prin care este distribuită apa se înfundă frecvent cu particule de sol sau rădăcini.

Comparând eficienţa aplicării diferitelor metode de udare la porumb, soia şi cartof, *Păltineanu I.* (1978) arată că la irigarea pe brazde eficienţa valorificării apei este cea mai mică iar la irigarea prin picurare este cea mai mare (tab. 5.40).

5.3.2.4 Consumul de apă al culturilor irigate. Prin consum de apă se înţelege suma pierderilor de apă din sol datorită evaporaţiei şi transpiraţiei plantelor, la care se adaugă uneori şi pierderile prin infiltraţie. În natură, transpiraţia şi evaporaţia se produc simultan, în diferite proporţii, formând un proces complex - evapotranspiraţia (*ET*) - termen folosit pentru prima dată prin 1900 de *Field J. E.* (U.S.A.). Între evaporaţie şi transpiraţie există o strânsă interdependenţă. Consumul apei din sol poate fi productiv - când se translocă din sol prin corpul plantei şi este eliberată în atmosferă la nivelul stomatelor - sau neproductiv (evaporaţie la suprafaţa terenului, consum de către buruieni, percolare în straturile profunde ale solului).

Raportul între evaporaţie şi transpiraţie depinde de diferiţi factori cum ar fi: indicele suprafeţei foliare (raportul între suprafaţa totală a frunzelor şi suprafaţa terenului ocupat de plante), condiţiile climatice etc. În condiţiile de climă umedă (Italia), *Constantinidis* C. (1970) arată că raportul dintre transpiraţie (*T*) şi evaporaţie (*E*) variază între 2,0 şi 6,5 (tab. 5.41). În condiţiile de climă semiaridă (U.S.A.) raportul T/E este de 1,17 pentru grâu, 2,33 pentru porumb, 3,00 pentru mazăre etc. Determinări făcute la Băneasa - Bucureşti şi citate de *Canarache A.* (1990) arată că la o cultură de porumb, numai 39 - 42 % din consumul total de apă a fost folosit în procesul transpiraţie iar 18 - 21 % s-a pierdut prin evaporare şi în anii ploioşi 37 - 43 % se infiltrează în adâncime, depăşind zona de înrădăcinare a plantelor. În general, în zonele semiaride se pierde prin evaporare 70 - 75 % din cantitatea de apă provenită din precipitaţii, 20 - 25 % prin transpiraţie şi 5 % prin scurgere. Evaporarea este mare în primele faze de vegetaţie ale plantelor şi se reduce pe măsură ce se dezvoltă suprafaţa foliară. În primele 2 - 3 zile după aplicarea udării, evaporaţia este mare şi apoi se reduce treptat. La irigarea prin submersie sau prin aspersiune, se evaporă mai multă apă decât la irigarea prin brazde. Evaporaţia şi transpiraţia se reduc pe măsură ce umiditatea solului scade şi se apropie de coeficientul de ofilire (tab. 5.42). Luând în considerare acest lucru, *Thornthwaite C. W.* propune în anul 1948 să se facă distincţie între evapotranspiraţia reală şi cea potenţială.

Evapotranspiraţia efectivă sau *reală* (*ETR*) reprezintă apa consumată de o cultură într-o regiune cu anumite condiţii de climă şi sol, cu densitate normală şi cu aprovizionare hidrică variabilă.

Evapotranspiraţia potenţială (*ETP*) se referă la apa ce se consumă când umiditatea solului se menţine constantă la nivel optim, plantele sunt în plină

Scanned with OKEN Scanner

vegetație, cultura are înălțime uniformă și densitate normală, terenul este plan-orizontal și cultura ocupă suprafață mare (zeci de ha). Rezultă deci că (*ETP*) este influențată în mare parte de factorii climatici (energia luminoasă, vânt etc) și foarte puțin de specia plantei cultivate.

Tabelul 5.41

Consumul hidric la câteva culturi agricole (după *Constantinidis C.*, 1970)

Cultura	Total substanță uscată (q)	T (mm)	E (mm)	ET (m^3/ha)	Raport T/E
Lucernă	125	533	270	8030	2,0
Sfeclă zahăr	120	312	48	3600	6,5
Porumb	146	273	128	4010	2,1
Cereale păioase	113	294	81	3750	3,6
Tutun	70	240	96	3360	2,5

E - evaporație; T - transpirație

Tabelul 5.42

Cantitatea de apă consumată în funcție de apa disponibilă din sol (după *Veri G.*, 1967)

Variante	Perioada				Total
	25.V-22.VI	23.VI-20.VII	21.VII-17.VIII	18.VIII-21.IX	
Apă disponibilă (mm)	293,9	285,6	292,7	246,0	1218,2
Evapotranspirația (mm)	244,9	244,4	200,5	259,1	948,4
ET/apă disponibilă	0,83	0,86	0,69	1,05	0,78
Apă disponibilă (mm)	123,2	227,4	204,8	108,2	663,6
Evapotranspirația (mm)	152,9	186,4	104,1	166,8	610,2
ET/apă disponibilă	1,24	0,82	0,51	1,54	0,92

Se consideră util să se folosească și o altă treaptă de apreciere a consumului de apă, denumită *evapotranspirație reală maximă* (*ETM* sau *ETRM*). Aceasta se înregistrează când solul este bine umezit cu cantități de apă corespunzătoare, în vederea obținerii de producții maxime, în condiții economice.

Se mai folosește și noțiunea de *evapotranspirație reală optimă* (*ETRO*) când solul este bine aprovizionat cu apă și asigură o producție economic eficientă. Între cele patru trepte ale consumului de apă se poate stabili următoarea relație:

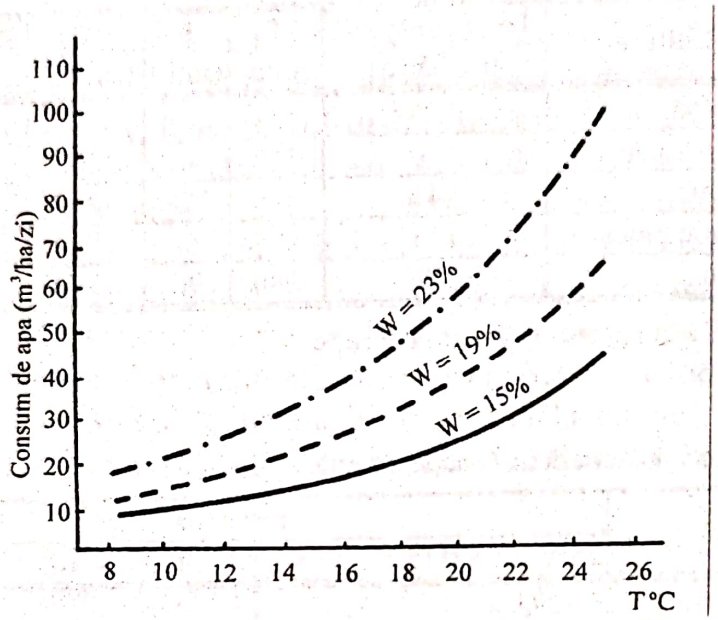
$$ETR \leq ETRO \leq ETM \leq ETP \qquad (5.11)$$

După cercetările efectuate în Franța la centrul de studii Tholonet (1969), se poate considera că pe teren neirigat consumul de apă corespunde evapotranspirației reale (*ETR*), pe teren irigat evapotranspirației maxime (*ETM*) și în condiții de umiditate optimă constantă, evapotranspirației potențiale (*ETP*). Numeroși cercetători nu fac distincție între *ETP* și ETM.

Cercetări efectuate de *Răsuceanu E.* (1972) dovedesc că atunci când solul este saturat cu apă, pierderile prin evapo-transpirație sunt foarte mari și depind mai mult de energia solară ajunsă la suprafața solului (fig. 5.21). Pe măsură ce conținutul de

Scanned with OKEN Scanner

apă al solului se reduce, evapotranspirația se diminuează depinzând în special de textura solului. *Constantinidis C.* (1970) arată că la o umiditate ridicată a atmosferei şi putere evaporantă redusă, *ETR* este aproape egală cu *ETP*. La o umiditate redusă a atmosferei şi capacitate evaporantă mare, *ETR* < *ETP* şi depinde în mare măsură de forța de sucțiune (*pF*). Pe terenuri irigate norma de irigare trebuie să fie direct proporțională cu evapotranspirația.



Fif. 5.21 Variația consumului de apă în funcție de temperatură şi de umiditatea solului (W) (după *Răsuceanu E.*, 1972)

Producția plantelor agricole depinde de raportul *ETR/ETP*. Cu cât acest raport este mai apropiat de valoarea 1, cu atât recolta este mai mare. Insuficiența apei provoacă în plantă o perioadă de stress (SD-stress day) care se poate exprima astfel:

$$SD = \frac{ETR}{ETP} \tag{5.12}$$

sau

$$SD = ETP - \psi_s \tag{5.13}$$

în care:

Ψ_s - potențialul integrat al apei din sol în zona rădăcinilor, măsurat dimineața.

Pentru ca raportul *ETR/ETP* să se apropie de unitate şi recolta să fie ridicată trebuie să se acționeze pentru mărirea *ETR* sau reducerea *ETP*. aceasta se poate realiza prin irigare, culturi asociate, perdele de protecție, densitate potrivită, mobilizarea solului, mulcirea terenului etc. În general, *ETP* oscilează între 300 mm anual în zonele răcoroase şi 2000 mm în pustiuri şi semideşerturi iar în stepă şi silvostepă între 400 şi 900 mm. Cartograma evapotranspirației potențiale din România se prezintă în figura 5.22. În Bărăgan *ETP* este de aproximativ 800 mm iar ETR de circa 500 mm. Valorile zilnice ale evapotranspirației oscilează între 2 şi

Scanned with OKEN Scanner

15 mm, fiind mai ridicate la unele specii de plante cum ar fi: lucerna, vița de vie, floarea soarelui.

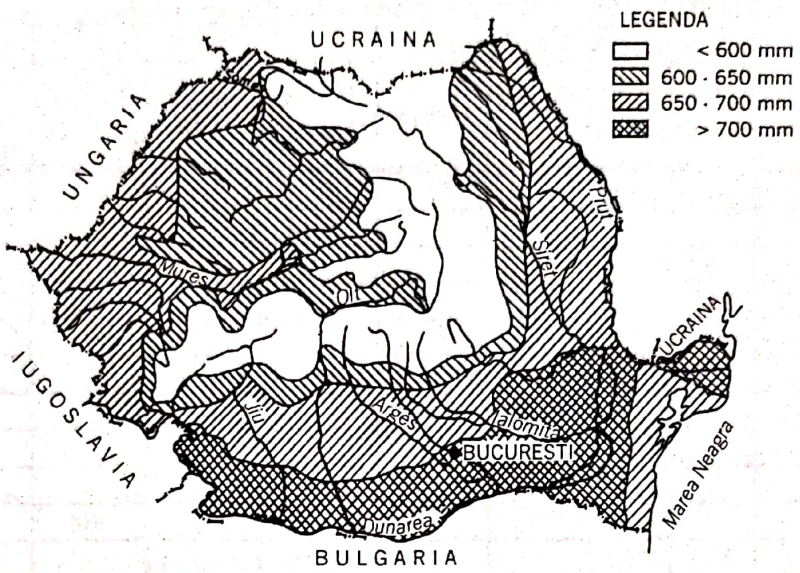


Fig. 5.22 Cartograma evaporației potențiale anuale în România (după *Bâra C.* și colab., 1994)

Apa consumată prin evapotranspirație prezintă importanță din punct de vedere biologic și economic și este influențată de numeroși factori care se pot împărți în trei grupe: însușirile genetice ale plantelor, proprietățile fizico-chimice ale solului și caracteristicile climatului. În general consumul de apă trebuie înțeles ca un sistem unitar sol - plantă - atmosferă. Capacitatea plantei de a extrage apa din sol depinde nu numai de conținutul în apă al solului ci și de viteza de trecere a apei din sol prin plantă în atmosferă. La temperatură ridicată și umiditate redusă a atmosferei, planta pierde prin transpirație mari cantități de apă pe care caută să le compenseze cu noi cantități extrase din sol, cu forțe mari. Într-o atmosferă medie și la temperatură scăzută, planta transpiră mai puțin și forța de extragere a apei din sol este mai redusă. Pentru reducerea consumului de apă neproductiv trebuie luate măsuri de combatere la timp a buruienilor, mulcirea solului, sfărâmarea crustei și, în general, reducerea evaporației.

Consumul total de apă. Cantitatea de apă care se consumă prin evapotranspirație de-a lungul întregii perioade de vegetație a unei plante poartă numele de consum total de apă. Aceasta se exprimă în m^3/ha sau mm și servește la zonarea culturilor irigate și stabilirea regimului de irigare. Consumul total de apă al culturilor agricole variază în diferite zone ale globului funcție de condițiile climatice (tab. 5.43). Pentru țara noastră, consumul total de apă este cuprins între 2500 și 9200 m^3/ha, în funcție de însușirile plantei cultivate și condițiile climatice. Se remarcă la toate culturile o creștere a consumului total de apă, din zona subumedă spre cea secetoasă. Culturile care dau recolte mari și au un conținut hidric ridicat, consumă în general multă apă. O plantă mare consumatoare de apă este orezul dar acest consum ridicat se datorează și faptului că terenul fiind submers o mare parte din apă se infiltrează în sol.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.43

Consumul total de apă la câteva culturi în diferite zone ale globului

Specia cultivată	Consumul total de apă (mm)								
	S.U.A.				Italia			Franța	
	Vestul uscat	Cali-fornia	Coastă Pacific	Arizona	Partea Centrală	Sudul Italiei	Partea Nordică	Bazinul medite-ranean	Partea centrală
Cereale păioase	410	360	350	570	-	-	734	-	-
Orez	-	-	-	-	2050	-	-	2000	-
Fasole	360	310	-	-	-	-	-	-	-
Mazăre	250	220	200	-	-	-	-	-	-
Soia	-	-	-	564	-	-	-	-	-
Bumbac	-	-	-	1051	615	-	-	-	-
In	-	-	-	794	-	-	-	-	-
Șofrănel	-	-	-	1153	-	-	-	-	-
Ricin	-	-	-	1127	-	-	-	-	-
Tutun	-	-	-	-	-	-	684	-	-
Cartof	510	460	-	617	370	-	-	560	-
Sfeclă de zahăr	660	510	-	-	750	-	-	690-412	-
Lucernă	760	660	560	1887	1100	-	1337	780	-
Trifoi	-	-	-	-	600	-	-	-	-
Porumb furajer	610	510	410	-	700	467-289	572-285	780	520-650
Festucă	-	-	-	-	-	-	-	-	940
Pajiști irigate	710	610	510	1105	-	-	-	-	-
Tomate	430	430	410	-	750	331	628	760	-
Castraveți	610	530	510	-	-	-	-	-	-
Conopidă	-	-	-	-	800	-	-	690	-
Pepene galben	-	-	-	-	630	-	-	630	-
Viță de vie	-	-	-	498	-	-	-	-	-

Pe terenuri irigate consumul de apă al plantelor depinde şi de plafonul minim. Cercetările întreprinse până acum arată că la cele mai multe culturi agricole se obțin recolte foarte bune şi un consum de apă potrivit atunci când plafonul minim se menține la jumătatea intervalului activ al umidității. Se înregistrează o sporire considerabilă a consumului de apă în special când creşte nejustificat grosimea stratului de sol umezit. Folosirea îngrăşămintelor pe terenuri irigate duce la sporirea recoltei şi creşterea consumului total de apă, dar raportat la producție consumul este mai mic față de terenul nefertilizat.

Consumul de apă diurn. Consumul de apă al plantelor se modifică în cursul perioadei de vegetație în funcție de numeroşi factori. Pentru a cunoaşte aceste variații ale consumului de apă se fac determinări lunare sau decadale, calculându-se apoi consumul mediu diurn. În general se înregistrează valori minime ale consumului de apă diurn la începutul şi sfârşitul perioadei de vegetație şi valori maxime în faza de înflorire şi fructificare. La o reprezentare grafică se obțin curbe în formă de clopot iar alura acestor curbe diferă după însuşirile plantei şi condițiile climatice (fig. 5.23).

Scanned with OKEN Scanner

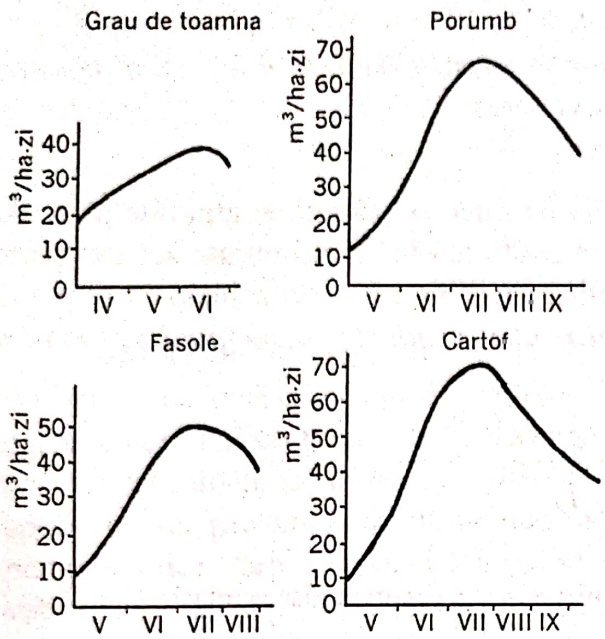


Fig. 5.23 Ritmul de absorbție a apei la câteva specii de plante la Mărculești-Ialomița (după *Botzan M.*)

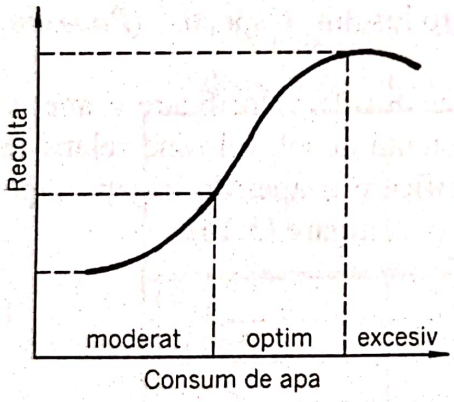


Fig. 5.24 Curba corelației producție - consum de apă

În condițiile climatice din România consumul maxim de apă coincide cu perioada călduroasă a anului, când procesele metabolice ale plantei se desfășoară foarte intens. La cele mai multe culturi de câmp consumul diurn maxim se înregistrează în luna iulie și de aceea consumul de apă din această lună se ia în considerație la dimensionarea sistemelor de irigație. Consumul de apă la irigarea culturilor mai depinde și de randamentul rețelei de aducțiune a apei, de la sursă până la parcelă și apoi până la plantă.

Corelația consum de apă - producție. La un consum de apă moderat și producțiile sunt scăzute, la un consum optim producția sporește mult iar la un consum excesiv producția începe să scadă (fig. 5.24). Rezultă deci că menținând umiditatea solului la un nivel optim se creează condiții potrivite pentru o bună valorificare a tuturor factorilor de vegetație și obținerea de recolte mari. La un consum potrivit de apă se remarcă și îmbunătățirea calității recoltei (procent ridicat de zahăr în rădăcinile de sfeclă, conținut sporit de ulei în semințele de floarea soarelui etc). Se înțelege că producția agricolă nu depinde numai de apă, ci de proporția dintre toți factorii de vegetație precum și de specia cultivată, soiul sau hibridul folosit etc. Atât specia cultivată cât și condițiile climatice influențează corelația producție-consum de apă.

Valorificarea apei. Consumul de apă la diferite culturi se poate aprecia mai corect dacă se raportează la producția obținută. De aceea se folosesc diferite metode de calcul privind valorificarea apei de către culturile agricole.

Astfel se apreciază consumul de apă calculând *coeficientul de valorificare a apei* sau *consumul unitar* care este raportul între apa consumată prin evapotranspirație și producția totală:

$$K_v = \frac{\sum (e+t)}{A} \qquad (5.14)$$

Scanned with OKEN Scanner

în care:

K_v - coeficientul de valorificare a apei (m^3/kg);
$\Sigma (e+t)$ - evapotranspirația reală (m^3/ha);
A - producția totală (kg/ha).

Deoarece la numeroase culturi agricole ne interesează numai anumite părți ale recoltei (fructe, semințe, tuberculi, etc.), se poate lua în calcul numai această parte din producția totală și raportând consumul de apă la producția principală obținută se află *coeficientul de valorificare a apei pentru producția principală* sau *pentru substanța uscată din producția principală*:

$$K_{vp} = \frac{\Sigma (e+t)}{A_p} \tag{5.15}$$

în care:

K_{vp} - coeficientul de valorificare a apei pentru producția principală (m^3/kg);
$\Sigma (e+t)$ - evapotranspirația reală (m^3/ha);
A_p - producția principală (fructe, semințe etc) (kg/ha).

Pentru a se putea aprecia comparativ coeficientul de valorificare a apei la diferite specii de plante (grâu, cartof, lucernă etc) producția lor trebuie exprimată în calorii, corespunzător valorii energetice a produsului respectiv (*Popescu Ch.*, 1979).

Pe terenuri irigate se poate calcula coeficientul de valorificare a apei totale, provenită din precipitații, irigare și rezerva existentă în sol, folosind relația de mai sus sau se poate calcula coeficientul de valorificare a apei de irigație raportând norma de irigație la sporul de producție obținut prin irigare (5.16).

$$K_{vi} = \frac{\Sigma m}{A_s} \tag{5.16}$$

în care:

K_{vi} - coeficientul de valorificare a apei de irigație (m^3/kg);
Σm - norma de irigație (m^3/ha);
A_s - sporul de producție față de cultura neirigată (kg/ha).

Dacă se raportează producția realizată la cantitatea de apă consumată se determină *eficiența valorificării apei* sau *productivitatea apei* sau *randamentul unitar*:

$$E_{va} = \frac{A}{\Sigma (e+t)} \tag{5.17}$$

în care:

E_{va} - eficiența valorificării apei (kg/m^3); ceilalți termeni au semnificațiile menționate mai sus.

Ca și la calculul coeficientului de valorificare a apei, producția se poate exprima în substanță uscată, calorii, etc.

Scanned with OKEN Scanner

Raportând sporul de recoltă realizat pe teren irigat față de terenul neirigat, la cantitatea de apă folosită la irigare se obține *eficiența valorificării apei de irigație*:

$$E_{vai} = \frac{A_s}{\sum m} \qquad (5.18)$$

în care:

E_{vai} - eficiența valorificării apei de irigație (kg/m^3);
A_s, $\sum m$ - au semnificația notată mai sus.

Coeficientul de valorificare şi eficiența valorificării apei variază mult în funcție de specia şi soiul cultivat, însuşirile solului, condițiile climatice, agrotehnica aplicată, regimul de irigare, etc. Analizând datele obținute de cercetători români şi străini, se constată mari variații ale consumului de apă de la o specie la alta, precum şi diferențe mari pentru aceeaşi specie în funcție de condițiile pedoclimatice (tab. 5.44). În condițiile pedoclimatice din Moldova, eficiența valorificării apei pe teren irigat a fost mult mai mare în anii ploioşi iar dintre culturile de câmp au valorificat foarte bine apa porumbul pentru siloz, sfecla pentru zahăr, lucerna, cartoful etc. Datele obținute în ultimele decenii în Câmpia Română arată că în silvostepă apa este mai bine valorificată decât în stepă.

Tabelul 5.44

Eficiența valorificării apei la câteva culturi agricole în două zone climatice din țară (după *Popescu Ch.*, 1991)

Cultura	Zona caldă secetoasă		Zona moderat caldă subumedă	
	Neirigat Kcal/m^3	Irigat Kcal/m^3	Neirigat Kcal/m^3	Irigat Kcal/m^3
Grâu	4874	4964	6164	5007
Porumb	6520	7359	7293	7332
Fasole	2184	2527	2169	2228
Soia	2575	2663	2910	2696
Floarea soarelui	3868	3747	3522	3070
Cartof	5348	6141	7740	6250
Sfeclă de zahăr	9639	10160	9705	8803
Lucernă	7188	7830	9140	8643

Urmărind consumul de apă al câtorva culturi, la diferite regimuri de irigare, se constată că aplicând în mod corect irigarea, apa este consumată economic, iar irigarea la un plafon minim prea ridicat duce la un consum mare de apă. Pe teren neirigat, unde se obțin, în general, recolte mai mici, coeficientul de valorificare al apei este mai ridicat. Fertilitatea solului influențează în mare măsură consumul de apă atât pe terenurile irigate cât şi pe cele neirigate.

5.3.2.5 Prognoza aplicării udărilor. Programarea judicioasă a udărilor prezintă deosebită importanță pentru buna dezvoltare a plantelor şi folosirea economică a utilajelor. La determinarea datei aplicării udărilor în timpul vegetației

Scanned with OKEN Scanner

se ține seama de conținutul în apă al solului, consumul de apă al plantelor și faza lor de vegetație, căci în fazele critice pentru apă întârzierea aplicării udărilor reduce mult recolta. Pentru a stabili consumul de apă la diferite culturi în vederea efectuării prognozei aplicării udărilor se pot folosi metode directe și indirecte.

Metodele directe se referă la bilanțul apei în sol sau bilanțul hidric al solului și se determină prin metoda parcelei cu regim optim de umiditate, metoda lizimetrelor, metoda vaselor de vegetație sau prin metode fiziologice.

Metoda parcelei în regim optim de irigare constă în înregistrarea periodică (7; 10; 20 zile) a umidității solului și stabilirea cantităților de apă consumată în intervalele respective de timp. O parcelă trebuie să fie reprezentativă pentru circa 500 ha teren irigat dar pe terenurile cu microrelief ondulat și soluri diferențiate se amenajează câte o parcelă pentru fiecare unitate naturală. Punctele pentru recoltarea probelor se stabilesc la jumătate sau un sfert din lungimea brazdelor sau la o treime din raza aspersorului. Probele de sol se iau pe orizonturi genetice până la adâncimea de 0,5 - 1,5 m folosind sonde mecanice iar umiditatea se determină gravimetric sau se folosesc tensiometre, sonde cu neutroni etc. Pentru a stabili numărul de zile până când umiditatea solului va ajunge la plafonul minim și va trebui aplicată udarea se folosește relația:

$$N = \frac{(W - PM)}{ETRO_{zi}} \qquad (5.19)$$

în care:

- N - numărul de zile până la aplicarea udării;
- W - umiditatea momentană a solului (m^3/ha);
- PM - plafonul minim (m^3/ha);
- $ETRO_{zi}$ consumul de apă mediu zilnic (m^3/ha·zi).

La determinarea consumului de apă după aceste metode se cer numeroase determinări ale umidității solului și pot interveni unele erori datorită apei care se scurge la suprafața solului și celei care se infiltrează în straturile profunde.

Metoda lizimetrelor (*evapotranspirometrelor*) constă în cultivarea plantelor în bazine special amenajate, fixe sau mobile, numite lizimetre sau evapotranspirometre și măsurarea apei consumată prin evapotranspirație precum și a celei drenate. Lizimetrele pot avea formă cilindrică, cubică sau paralelipipedică, cu suprafața de 1 - 4 m^2 și adâncimea de 0,8 - 1,2 m. Ele se îngroapă cu marginea superioară la nivelul solului, introducându-se la bază un strat drenant de pietriș gros de 30 - 35 cm; peste care se așează pământ fertil și se cultivă plante, atât în lizimetre cât și pe terenul din jur (fig. 5.25). Alimentarea cu apă se poate face prin stropiri periodice la suprafață, o dată la 4 - 5 zile sau dintr-un strat de apă cu nivel constant, de la adâncimea de 60 - 70 cm. În cazul al doilea, apa se ridică prin capilaritate până la rădăcinile plantelor. La însămânțarea plantelor în lizimetre se determină conținutul în apă al solului și prin udări repetate se menține umiditatea peste plafonul minim. În cazul lizimetrelor cu alimentare de la suprafață, se distribuie la udare o cantitate de apă mai mare decât cea necesară ridicării umidității solului la capacitatea de câmp, apa drenată măsurându-se riguros.

Scanned with OKEN Scanner

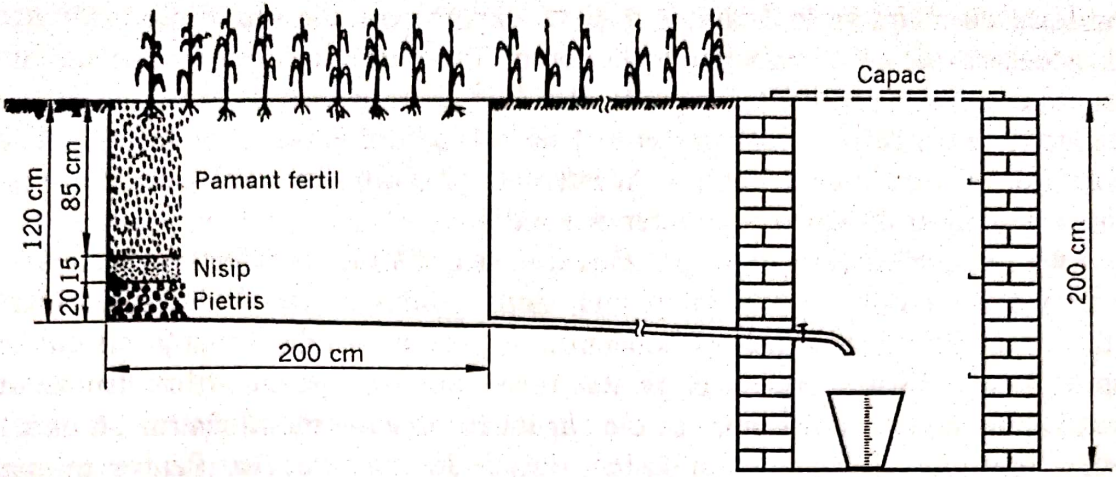


Fig. 5.25 Schema de principiu a unui lizimetru

Consumul de apă se stabileşte pe bază de bilanţ:

$$ETRM = R_i + P_v + \Sigma m - R_f - D \qquad (5.20)$$

în care:

- $ETRM$ - evapotranspirația reală maximă (m^3/ha);
- R_i, R_f - rezervele de apă din sol, la începutul şi sfârşitul perioadei considerate (m^3/ha);
- P_v - cantitatea de apă provenită din precipitații (m^3/ha);
- Σm - cantitatea de apă de irigație (m^3/ha);
- D - apa drenată din lizimetru (m^3/ha).

Datele obținute în lizimetre sunt de obicei mai mari decât cele înregistrate în câmp (tab. 5.45) şi de aceea trebuie aplicat un coeficient de corecție.

Tabelul 5.45

Valorificarea apei de către plantele cultivate în câmp şi în lizimetre la Fundulea (media 1969 - 1972) (după *Păltineanu Rodica*, 1974)

Cultura	Prod. medie (kg/ha)		Consum apă (mm)		E_{va} (kg/mm)	
	Câmp	Lizimetru	Câmp	Lizimetru	Câmp	Lizimetru
Grâu	4211	4040	359,3	410,2	11,7	9,8
Porumb	9851	11839	517,1	562,1	19,0	21,1
Sfeclă de zahăr	74566	75516	615,2	617,6	121,2	122,3
Soia	2633	2628	613,4	617,6	4,3	4,3
Floarea soarelui	3699	2994	553,6	559,0	6,7	5,3
Cartof timpuriu	36087	48107	360,6	372,8	100,1	129,0
Lucernă	14500	11377	630,4	633,4	23,0	18,0
Soia cult. a II-a	1223	1105	271,4	291,7	4,5	3,8

Metoda vaselor de vegetație constă în cultivarea plantelor în vase speciale (*Mitscherlich*) de diferite dimensiuni, în funcție de talia plantei. Pentru determinarea consumului de apă se introduc în vase diferite tipuri de sol, eventual

Scanned with OKEN Scanner

amestecat cu nisip, se însămânțează și se adaugă periodic sau zilnic cantitatea de apă necesară până la capacitatea de câmp. Prin calcule simple se poate stabili consumul de apă pe plantă și pe zi sau faze de vegetație. Datele obținute sunt afectate de erori datorită volumului mic de sol în care cresc rădăcinile plantelor și condițiilor artificiale de vegetație. Aceste date se obțin mai ușor decât în câmp sau lizimetre și pot fi folosite cu caracter orientativ.

Metodele fiziologice de prognoză a aplicării udărilor se referă la aprecierea sau măsurarea deficitului hidric din plantă, după gradul de deschidere a stomatelor, forța de sucțiune a țesuturilor, concentrația sucului celular, nuanța de culoare a frunzelor, etc. Insuficiența apei se manifestă prin începerea ofilirii frunzelor, la fasole, alune de pământ și bumbac ele capătă culoarea verde-albăstrui, stomatele se închid, tulpinile și fructele își reduc ritmul de creștere etc. Pentru măsurarea gradului de deschidere a stomatelor se poate folosi un porometru sau mulaje obținute cu ajutorul unei pelicule de colodiu care se aplică pe frunze și după solidificare se măsoară la microscop deschiderea stomatelor. La determinarea forței de sucțiune se poate folosi metoda șuvițelor, iar concentrația sucului celular se determină cu refractometrul. Datele înregistrate variază mult de la o plantă la alta, în funcție de factorii microclimatici, poziția pe plantă a frunzei de la care se recoltează probele etc. De aceea metodele fiziologice se folosesc foarte puțin la prognoza aplicării udărilor.

Metoda fitotronică se referă la creșterea și fructificarea plantelor în amenajări și construcții speciale numite fitotroane, unde se creează condiții de climă artificială. Aici pot fi dirijați factorii de vegetație cum ar fi: intensitatea și durata de iluminare, temperatura aerului și a solului, conținutul aerului în O_2 și CO_2, viteza vântului, conținutul solului în elemente nutritive etc. Camerele cu climat reglabil sunt construcții și instalații mai puțin complexe decât fitotroanele, dar permit de asemenea creșterea plantelor în condiții climatice dirijate. Rezultatele de mare precizie obținute în fitotron sau camere cu climat reglabil sunt verificate în case de vegetație, în condiții experimentale de câmp și apoi trecute în producție.

În ultimele decenii, sateliții de diferite tipuri cum ar fi ERST (The Earth Resources Technology Satellite) înregistrează informații asupra stării de vegetație a culturilor, umiditatea solului, atacul de dăunători etc și după prelucrarea pe calculator aceste date sunt transmise la centrele de exploatare a sistemelor de irigații, servind la prognoza aplicării udărilor.

Metode indirecte de determinare a consumului de apă și programare a udărilor presupun efectuarea unor calcule, folosind diverse formule ce se bazează pe corelații stabilite între unii indici climatici, geografici sau culturali și evapotranspirație. Astfel, corelația între evaporația la suprafața liberă a apei și *ETP* stă la baza metodei evaporimetrului BAC și a metodei *Jensen L.* iar cea dintre temperatura aerului și *ETP* este caracteristică metodelor: *Thornthwaite*, *Blaney-Criddle*, *Klatt* etc. Tot pentru calculul *ETP* se poate lua în considerație deficitul de saturație a aerului, folosind metodele elaborate de *Ivanov*, *Alpatiev*, *Papadakis*, *Stoico* etc. Pentru calculul aceluiași element, *Penman* folosește bilanțul termic sau

Scanned with OKEN Scanner

radiativ iar alți cercetători cum ar fi *Turc*, *Bouchet*, *Janert* etc, un complex de factori climatici. Pentru condițiile climatice din România s-au dovedit potrivite, îndeosebi, metoda evaporimetrului *BAC clasa A* şi metoda *Thornthwaite.*

În condițiile climatice din țara noastră evapotranspirația potențială depăşeşte, în părțile sudice, 700 mm anual (fig. 5.26).

Metoda evaporimetrului BAC clasa A. Acest evaporimetru este format dintr-un vas cilindric confecționat din tablă groasă de 1,5 mm, vopsit în alb pe ambele fețe, având diametrul de 120,65 cm şi înălțimea de 25,4 cm (fig. 5.26). În interiorul acestui vas se montează un cilindru cu diametrul de 10 cm, fixat pe o placă metalică prevăzută cu şuruburi de calare. Întregul vas se umple cu apă lăsând o gardă de 5 cm iar măsurarea nivelului apei se face în interiorul cilindrului, folosind un dispozitiv micrometric a cărui precizie este de 0,02 mm. Prin aceste măsurători fizice se determină coloana de apă evaporată la luciul apei şi cu ajutorul unor coeficienți de corecție (K_p), care variază după zonă si specia cultivată, se calculează evapotranspirația.

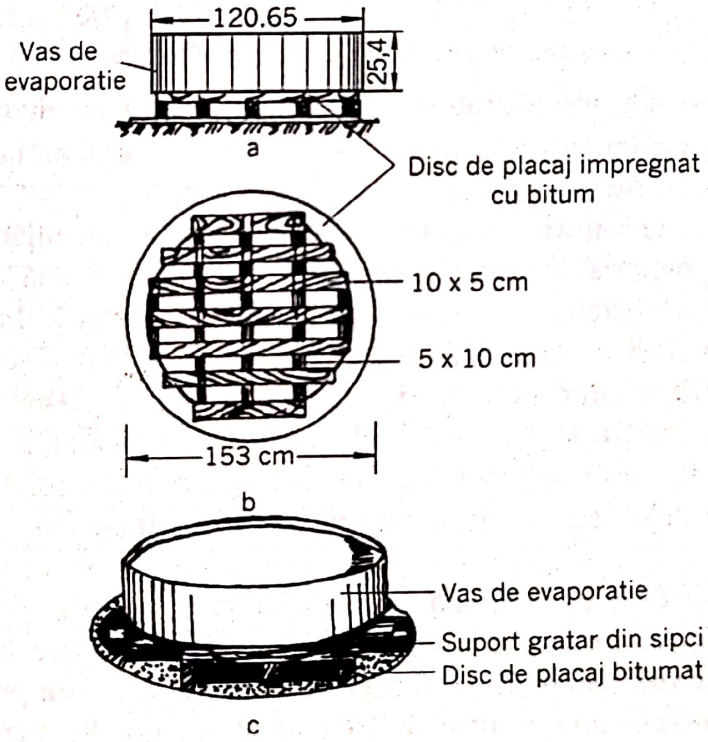


Fig. 5.26 Evaporimetru *Bac clasa A*
a - vasul de evaporație; b - grătar suport;
c - vedere generală a vasului de evaporație.

Coeficienții (K_p) se stabilesc după câțiva ani de determinări, raportând apa consumată prin evapotranspirație (*ETR*) determinată la diferite culturi, la apa evaporată (*E*):

$$K_p = \frac{ETR}{E} \qquad (5.21)$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru măsurarea precipitațiilor căzute, se instalează, în apropiere, pluviometre. Punctele de avertizare pot deservi suprafețe de 4000 - 5000 ha cu condiții pedologice, orografice și hidrologice cât mai uniforme.

Metoda Thornthwaite. Pentru calculul ETP, *Thornthwaite C. W.* propune relația:

$$ETP = 160 \cdot \left(10\frac{t}{I}\right)^{a} \cdot k_{\varphi} \qquad (5.22)$$

în care:

ETP - evapotranspirația potențială lunară (m^3/ha);

t - temperatura medie lunară a aerului (°C);

I - indicele termic anual, obținut prin însumarea indicilor termici lunari (i), rezultați din relația: $i = (t/5)^{1,514}$;

$$a = \frac{1,6}{100} \cdot I + 0,5 \text{ pentru } I < 80;$$

$$a = x^3 + x^2 + 2 \cdot x + 0,5 \text{ pentru } I > 80 \text{ unde: } x = \frac{8,8}{100} \cdot I$$

k_{φ} - coeficient de corecție pentru latitudinea geografică a locului.

În tabelul 5.46 sunt înregistrați indicii termici lunari (i), calculați cu formula de mai sus pentru valori (t) cuprinse între 0° și 40°, cu subdiviziuni de zecimi de grad (pentru $t \leq 0$ °C indicele termic lunar se consideră nul).

În comparație cu valorile obținute la folosirea metodei bilanțului apei în sol, utilizând această metodă se obțin valori, pe întreaga perioadă de vegetație, mai mari în zona de silvostepă și mai scăzute în zona de stepă. În primele luni de vegetație, aceste valori sunt mai ridicate și în lunile de vârf mai scăzute.

Valorile coeficienților (k_{φ}) și (k_p) sunt înscrise în tabelele 5.47 și 5.48. Coeficientul de corecție (k_{φ}) se referă la poziția geografică a zonei și numărul mediu de ore de strălucire solară zilnică iar coeficientul de corecție (k_p) se bazează pe date experimentale obținute în condițiile pedoclimatice din țara noastră pentru diferite culturi.

La studiile generale de gospodărire a apelor se va calcula o medie ponderată a coeficientului (K_p) în funcție de suprafața ocupată de fiecare cultură. Cercetând excedentul și deficitul de apă din sol față de evapotranspirația potențială calculată după metoda *Thornthwaite*, pentru diferite localități din România (tab. 5.49), se constată că în zona de câmpie și podiș, în special în sudul țării, apare un deficit de apă care depășește 200 mm sau chiar 300 mm anual.

5.3.2.6 Regimul de irigare. Ansamblu al noțiunilor referitoare la cantitățile și momentele de aprovizionare dirijată a solului cu apă, în concordanță cu cerințele fiziologice ale plantelor, regimul de irigare influențează decisiv nivelul producției agricole, eficiența folosirii apei și evoluția însușirilor solului. Încadrarea acestor parametri tehnico-economici în limite proprii unei agriculturi performante este condiționată de stabilirea judicioasă a elementelor regimului de irigație în raport cu factorii naturali, tehnici și agrofitotehnici.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.46

Valoarea indicilor termici lunari (*i*)

t (°C)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0			0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
1	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23
2	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44
3	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	0,61	0,63	0,66	0,69
4	0,71	0,74	0,77	0,80	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
5	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	1,29
6	1,32	1,35	1,39	1,42	1,45	1,49	1,52	1,56	1,59	1,63
7	1,66	1,70	1,74	1,77	1,81	1,85	1,89	1,92	1,96	2,00
8	2,04	2,08	2,12	2,15	2,19	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
9	2,44	2,48	2,52	2,56	2,60	2,64	2,69	2,73	2,77	2,81
10	2,86	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,16	3,21	3,25
11	3,30	3,34	3,39	3,44	3,48	3,53	3,58	3,62	3,67	3,72
12	3,76	3,81	3,86	3,91	3,96	4,00	4,05	4,10	4,15	4,20
13	4,25	4,30	4,35	4,40	4,45	4,50	4,55	4,60	4,65	4,70
14	4,75	4,81	4,86	4,91	4,96	5,01	5,07	5,12	5,17	5,22
15	5,28	5,33	5,38	5,44	5,49	5,55	5,60	5,65	5,71	5,76
16	5,82	5,87	5,93	5,98	6,04	6,10	6,15	6,21	6,26	6,32
17	6,38	6,44	6,49	6,55	6,61	6,66	6,72	6,78	6,84	6,90
18	6,95	7,01	7,07	7,13	7,19	7,25	7,31	7,37	7,43	7,49
19	7,55	7,61	7,67	7,73	7,79	7,85	7,91	7,97	8,03	8,10
20	8,16	8,22	8,28	8,34	8,41	8,47	8,53	8,59	8,66	8,72
21	8,78	8,85	8,91	8,97	9,04	9,10	9,17	9,23	9,29	9,36
22	9,42	9,49	9,55	9,62	9,68	9,75	9,82	9,88	9,95	10,01
23	10,08	10,15	10,21	10,28	10,35	10,41	10,48	10,55	10,62	10,68
24	10,75	10,82	10,89	10,95	11,02	11,09	11,16	11,23	11,30	11,37
25	11,44	11,50	11,57	11,64	11,71	11,78	11,85	11,92	11,99	12,06
26	12,13	12,21	12,28	2,35	12,42	12,49	12,56	12,63	12,70	12,78
27	12,85	12,92	12,99	13,07	13,14	13,21	13,28	13,36	13,43	13,50
28	13,58	13,65	13,72	13,80	13,87	13,94	14,02	14,09	14,17	14,24
28	13,58	13,65	13,72	13,80	13,87	13,94	14,02	14,09	14,17	14,24
29	14,32	14,39	14,47	14,54	14,62	14,69	14,77	14,84	14,92	14,99
30	15,07	15,15	15,22	15,30	15,38	15,45	15,53	15,61	15,68	15,76
31	15,84	15,92	15,99	16,07	16,15	16,23	16,30	16,38	16,46	16,54
32	16,62	16,70	16,78	16,85	16,93	17,01	17,09	17,17	17,25	17,33
33	17,41	17,49	17,57	17,65	17,73	17,81	17,89	17,97	18,05	18,13
34	18,22	18,30	18,38	18,46	18,54	18,62	18,70	18,79	18,87	18,95
35	19,03	19,11	19,20	19,28	19,36	19,85	19,53	19,61	19,69	19,78
36	19,86	19,95	20,03	20,11	20,20	20,28	20,36	20,45	20,53	20,62
37	20,70	20,79	20,87	20,96	21,04	21,13	21,21	21,30	21,38	21,47
38	21,56	21,64	21,73	21,81	21,90	21,99	22,07	22,16	22,25	22,33
39	22,42	22,51	22,59	22,68	22,77	22,86	22,95	23,03	23,12	23,21
40	23,30									

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.47

Coeficientul de corecție (k_φ) pentru corelarea cu lungimea reală a zilei în funcție de latitudine

Latitudine nordică	Ian.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Iun.	Iul.	Aug.	Sept.	Oct.	Noe.	Dec.
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,93	0,83	0,81
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,80	0,76
45	0,80	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
46	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74
47	0,77	0,80	1,02	1,14	1,30	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73
48	0,76	0,80	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	1,05	0,93	0,77	0,72
49	0,75	0,79	1,02	1,14	1,32	1,34	1,35	1,24	1,05	0,93	0,76	0,71
50	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70

Tabelul 5.48

Coeficienții de corecție (K_p) ai evapotranspirației potențiale în funcție de cultură și zonă (după *I.C.I.T.I.D. Băneasa-Giurgiu*)

Cultura și zona	Lunile din perioada de vegetație						
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	2	3	4	5	6	7	8
Porumb							
S_u+ S_m+ S din Dobrogea centrală și litoral	-	0,82	0,77	0,84	1,34	1,26	0,98
S_u	-	1,12	0,61	0,96	1,29	1,33	1,10
S_m	-	1,22	0,70	0,92	1,36	1,35	1,10
S	-	0,86	1,05	0,86	1,31	1,07	0,92
S_m + S din Câmpia de Vest	-	1,10	0,88	1,09	1,53	1,22	0,75
S din Moldova centrală și de nord	-	1,09	0,89	1,02	1,24	1,18	0,80
T + F	-	1,22	0,80	0,80	1,12	0,92	0,65
N	-	0,92	0,70	0,87	1,09	0,90	0,64
Grâu de toamnă							
S_u+ S_m+ S din Dobrogea centrală și litoral	3,21	1,87	1,70	1,08	-	-	-
S_u	2,92	1,45	1,34	1,05	-	-	-
S_m	3,39	1,66	1,33	0,96	-	-	-
S	2,71	1,55	1,20	0,91	-	-	-
S_m + S din Câmpia de Vest	2,25	1,46	1,48	0,95	-	-	-
S din Moldova centrală și de nord	2,40	1,58	1,35	1,20	-	-	-
T + F	2,19	1,78	1,07	0,93	-	-	-
N	2,15	1,35	1,15	0,80	-	-	-

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.48 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
Porumb siloz, cultură dublă, după grâu							
S_u+ S_m+ S din Dobrogea centrală şi litoral	-	-	-	-	0,53	0,74	1,29
S_u	-	-	-	-	0,66	0,92	0,99
S_m	-	-	-	-	0,93	1,10	1,39
S	-	-	-	-	0,70	0,93	1,22
S_m + S din Câmpia de Vest	-	-	-	-	0,83	1,25	1,24
S din Moldova centrală şi de nord	-	-	-	-	0,67	0,99	1,17
T + F	-	-	-	-	0,80	0,79	1,24
N	-	-	-	-	0,45	0,91	1,23
Floarea-soarelui							
S_u+ S_m+ S din Dobrogea centrală şi litoral	-	1,12	0,88	1,39	1,41	0,85	-
S_u	-	0,94	0,84	1,06	1,35	0,82	-
S_m	-	0,79	0,75	1,58	1,62	0,68	-
S	-	0,66	1,43	1,30	1,20	0,73	-
S_m + S din Câmpia de Vest	-	1,35	1,04	1,30	1,59	0,90	-
S din Moldova centrală şi de nord	-	1,48	0,87	1,32	1,39	0,94	-
T + F	-	1,02	0,73	1,09	1,18	0,86	-
N	-	1,09	0,87	1,10	0,89	0,50	-
Sfeclă pentru zahăr							
S_u+S_m+S din Dobrogea centrală şi litoral	-	1,02	0,86	1,45	1,38	1,24	1,07
S_u	-	1,09	0,68	1,11	1,28	1,40	1,00
S_m	-	0,88	0,73	1,22	1,49	1,23	1,17
S	-	0,95	0,71	1,07	1,21	1,01	1,04
S_m + S din Câmpia de Vest	-	1,45	1,07	1,18	1,32	0,98	0,89
S din Moldova centrală şi de nord	-	0,99	0,89	1,11	1,29	1,21	1,68
T + F	-	1,19	0,84	1,03	1,23	0,97	1,11
Soia							
S_u+S_m+S din Dobrogea centrală şi litoral	-	1,61	0,72	0,79	1,27	1,18	0,75
S_u	-	1,02	0,73	0,88	1,12	1,21	0,33
S_m	-	1,00	0,79	1,12	1,47	1,21	1,14
S	-	1,17	0,78	0,97	1,12	0,72	1,19
S_m + S din Câmpia de Vest	-	1,00	1,17	1,20	1,35	1,00	0,70
S din Moldova centrală şi de nord	-	0,65	0,70	1,03	1,35	1,25	0,83
T + F	-	0,65	0,77	0,89	1,15	0,89	1,22
N	-	1,05	0,63	0,97	0,96	0,71	0,65
Lucernă							
S_u+S_m+S din Dobrogea centrală şi litoral	1,00	1,40	1,03	1,03	1,08	1,10	0,97
S_u	1,00	1,67	1,29	1,38	1,23	1,25	1,31
S_m	1,00	1,81	1,15	0,95	1,25	1,17	1,49
S	1,00	1,66	1,21	1,03	1,14	1,19	1,29
S_m + S din Câmpia de Vest	1,00	1,68	1,12	1,30	1,36	1,14	1,12
S din Moldova centrală şi de nord	1,00	1,10	1,01	1,21	1,24	1,33	1,16
T + F	1,00	1,53	0,92	1,09	1,10	0,95	1,22
N	1,00	1,32	1,18	0,94	1,02	0,86	0,69

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.48 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
Cartof							
S_u+S_m+S din Dobrogea centrală şi litoral	-	0,90	1,04	1,50	1,26	0,79	-
S_u	-	1,03	0,92	1,14	1,04	0,92	-
S_m	-	0,61	0,72	1,33	1,13	1,27	-
S	-	1,11	1,11	1,00	0,86	0,61	-
S_m + S din Câmpia de Vest şi S din Moldova centrală şi de nord	-	1,42	0,94	1,06	1,16	0,85	-
T + F	-	0,91	0,91	1,24	0,99	0,89	-
N	-	1,15	0,80	0,92	1,13	0,93	-
	-	0,70	1,03	0,96	0,71	0,50	-
Arahide, cartofi timpurii, castraveţi, varză, morcov							
Arahide N	-	0,70	0,85	0,84	1,13	0,89	0,89
Cartofi timpurii S_m	-	0,47	0,52	1,28	0,78	-	-
N	-	0,53	1,16	0,92	0,55	-	-
Castraveţi T + F	-	0,63	1,14	0,91	1,09	0,85	0,60
Varză T + F	-	0,88	1,31	1,35	1,21	0,60	0,60
Morcov T + F	-	1,38	1,29	1,31	0,96	0,63	0,60
Fasole							
S_u+S_m+S din Dobrogea centrală şi litoral	-	1,24	0,65	0,99	1,02	0,80	-
S_u	-	0,94	0,54	0,82	1,28	1,14	-
S_m	-	0,70	0,78	1,02	1,35	0,72	-
S	-	0,78	1,19	1,07	1,30	0,63	-
S_m + S din Câmpia de Vest	-	0,70	0,95	1,09	1,10	0,76	-
S din Moldova centrală şi de nord	-	0,70	0,78	1,02	1,09	1,08	-
T + F	-	1,16	0,80	1,05	0,91	0,73	-
N	-	1,51	0,89	0,99	0,80	0,50	-
Viţă de vie							
Podgoria Murfatlar (date I.C.H.V.)	-	1,01	0,56	0,49	0,71	0,68	0,65
Podgoria Greaca (date I.C.H.V.)	-	0,88	0,62	0,58	0,77	0,73	0,65
Brun roşcat de Muntenia (date I.C.H.V.)	-	0,71	0,56	0,55	0,80	0,77	0,65
N	-	0,90	0,84	0,86	0,91	0,77	0,65
Pomi (plantaţii tinere)							
Brun roşcat de Muntenia (date I.C.H.V.)	-	0,55	0,60	0,55	0,60	0,56	0,47
N	-	0,90	0,92	0,88	0,85	0,80	0,65

Simboluri folosite: S_u - stepă uscată; S_m - stepă moderată; S - silvostepă; T - tranziţie de la silvostepă la zona forestieră; F - zona forestieră; N - nisipuri din stânga Jiului.

Exponenţi ai cadrului naturali, factorii climatici, relieful, proprietăţile solului şi condiţiile hidrogeologice diferenţiază mărimea normei de irigaţie şi a normei de udare, momentele de aplicare a udărilor ca şi gradul de utilizare a apei. Tehnica de distribuire a apei la plantă influenţează, îndeosebi, asupra cantităţii de apă ce se aplică la o singură udare, fapt care se răsfrânge, de altfel, asupra celorlalte elemente ale regimului de irigaţie. Sub aspectul factorilor agrofitotehnici, particularităţile

Scanned with OKEN Scanner

anatomo-fiziologice ale speciilor cultivate, exprimate prin interrelaţiile apă plantă (cerinţa faţă de apă, reacţia la condiţiile de stres hidric, gradul de valorificare a apei) ca şi tehnologia de cultivare exercită o influenţă notabilă asupra tuturor elementelor regimului de irigaţie.

Tabelul 5.49

Excedentul (*E*) şi deficitul (*D*) anual de apă din sol (mm) faţă de evapotranspiraţia potenţială, calculată prin metoda *Thornthwaite* (1896-1955) (după *Stoenescu Şt. M., Ţiştea D.*, 1962)

Localitatea	E	D	Localitatea	E	D	Localitatea	E	D
Bistriţa	78	27	Iaşi	26	182	Tecuci	18	230
Cluj	18	25	Huşi	39	188	Mărculeşti	18	239
Turda	0	101	Vaslui	74	150	Bucureşti	61	196
Târgu Mureş	44	43	Bîrlad	1	241	Alexandria	37	185
Sighişoara	51	30	Bacău	10	137	Caracal	42	218
Braşov	159	0	Roman	18	125	Calafat	63	221
Sibiu	32	11	Satu Mare	94	98	Corabia	36	229
Alba Iulia	0	117	Oradea	83	137	Giurgiu	51	233
Caransebeş	130	59	Deva	30	121	Călăraşi	46	272
Târgu Jiu	182	98	Arad	60	206	Brăila	15	298
Drăgăşani	34	157	Jimbolia	42	145	Galaţi	12	278
Rm. Vâlcea	99	72	Timişoara	87	154	Tulcea	24	291
Curtea de Argeş	138	45	Lugoj	72	165	Babadag	3	273
Piteşti	96	58	Turnu Severin	142	218	Cernavodă	14	305
Târgovişte	21	126	Craiova	46	220	Mangalia	0	349
Piatra Neamţ	25	0	Ploieşti	56	161	Constanţa	0	317
Fălticeni	27	0	Buzău	7	243	Sulina	0	346
Dorohoi	0	105	Râmnicu Sărat	57	189			
Botoşani	24	105	Focşani	35	183			

La aprecierea oportunităţii aplicării irigaţiilor trebuie luate în considerare, în primul rând, cerinţele faţă de apă ale speciei şi soiului cultivat, precum şi precipitaţiile atmosferice. În general, în zone cu precipitaţii medii anuale sub 500 mm nu se pot realiza condiţii pentru o agricultură intensivă fără aplicarea irigaţiei.

În aceste areale este necesar să se aplice udări periodic, pe măsură ce plantele consumă apa din sol, deoarece nu sunt posibilităţi de aprovizionare continuă a plantelor cu apă şi nici nu se poate înmagazina în sol întreaga cantitate de apă necesară plantelor pe parcursul întregii perioade de vegetaţie. Udările se pot aplica înainte de însămânţarea culturii (udări de aprovizionare) sau în timpul vegetaţiei.

Norma de udare reprezintă cantitatea de apă ce trebuie distribuită la o udare pe suprafaţa de 1 ha, ocupată de o anumită cultură, pentru ridicarea umidităţii solului la valoarea capacităţii de câmp, pe adâncimea stratului de sol în care se dezvoltă masa principală de rădăcini. Norma de udare nu trebuie să fie prea mică pentru că atunci udările se aplică des şi devin costisitoare, plantele îşi dezvoltă rădăcinile mai

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.50

Norma minimă de udare impusă de metoda de udare

Metoda de udare	Norma minimă de udare m^3/ha
Aspersiune	Oricât de mică
Prin brazde	200
Prin picurare	50
Prin fâşii	450
Prin submersiune	1200

mult în straturile superficiale, sunt expuse la cădere şi nu se hrănesc bine, iar apa de irigare nu poate fi repartizată uniform şi se înregistrează pierderi mari prin evaporare. Norma minimă de udare depinde şi de metoda de udare folosită (tab. 5.50).

Normele de udare prea mari, determină pierderi de apă prin infiltraţie, reducerea accentuată a conţinutului de aer şi scăderea numărului microorganismelor din sol, înrăutăţindu-se însuşirile acestuia. Dacă la calculul normei de udare de ţine seamă numai de caracteristicile solului datele obţinute reprezintă aşa numita *normă de udare pedologică*, iar dacă se iau în consideraţie metoda de udare şi caracteristicile echipamentului folosit se obţine *norma de udare tehnologică* (*Canarache A.*, 1990).

Pentru calculul normei de udare se poate folosi relaţia:

$$m = 100 \cdot H \cdot DA(CC - w) \qquad (5.23)$$

în care:

- m - norma de udare (m^3/ha);
- H - grosimea stratului de sol umezit (m);
- DA - densitatea aparentă a stratului umezit (t/m^3);
- CC - capacitatea de câmp pentru apă a solului (% g/g);
- w - umiditatea momentană a solului (% de greutate).

Întrucât în timpul irigării se pierde prin evaporare circa 10 % din apa aplicată iar udarea se aplică atunci când umiditatea solului a ajuns la plafonul minim (*PM*) norma de udare se calculează după relaţia:

$$m = 110 \cdot H \cdot DA(CC - PM) \qquad (5.24)$$

La calculul normei de udare, după cum s-a arătat, se ţine seama de însuşirile hifrofizice ale solului şi pentru determinarea lor se fac profile din care se recoltează probe pentru analiză. La soluri omogene se execută un profil la 650 - 1000 ha teren iar pe soluri mai puţin omogene, unul la 200 - 500 ha sau chiar mai dese. La fiecare profil se determină adâncimea apei freatice, textura, capacitatea pentru apă în câmp, coeficientul de ofilire etc. Pe baza datelor obţinute se întocmeşte raionarea hidrofizică a teritoriului, determinându-se suprafeţele pe care se poate aplica aceeaşi normă de udare (raion). Dacă fiecare raion ocupă suprafeţe mari, atunci se va aplica norma de udare corespunzătoare; dacă ocupă suprafeţe mici şi la staţionarea unei aripi de udare se udă porţiuni de 2 - 3 raioane, atunci la calculul normei de udare se folosesc valori medii.

Valoarea plafonului minim variază, în special, după textura solului şi cultura irigată (tab. 5.51).

Recolte mari se obţin în general atunci când udarea se aplică la plafonul minim de 50 - 70 % I.U.A., iar apa de irigare este mai bine valorificată când udarea se face la plafon minim apropiat de coeficientul de ofilire. Îngrăşămintele

Scanned with OKEN Scanner

aplicate, în doză şi proporţie potrivită, pot dubla eficienţa valorificării apei de irigare (tab. 5.52).

Tabelul 5.51

Valoarea plafonului minim pe culturi şi texturi ale solului

Cultura	Textura solului	Plafon minim (*PM*)
Porumb, sfeclă, floarea-soarelui, cartof, grâu, fasole, soia	Soluri lutoase	$CO + \frac{CC - CO}{2}$ sau $CO + 0{,}50 \cdot I.U.A.$
	Soluri argiloase	$CO + \frac{2(CC - CO)}{3}$ sau $CO + 0{,}67 \cdot I.U.A.$
Lucernă	Soluri lutoase	$CO + \frac{CC - CO}{3}$ sau $CO + 0{,}33 \cdot I.U.A.$
	Soluri argiloase	$CO + \frac{CC - CO}{2}$ sau $CO + 0{,}50 \cdot I.U.A.$
Toate culturile	Soluri nisipoase	$CO + \frac{2(CC - CO)}{3}$ sau $CO + 0{,}67 \cdot I.U.A.$
Legume	Soluri lutoase	$CO + \frac{CC - CO}{2}$ sau $CO + 0{,}50 \cdot I.U.A.$
	Soluri argiloase	$CO + \frac{2(CC - CO)}{3}$ sau $CO + 0{,}67 \cdot I.U.A.$
Viţă de vie şi pomi	Soluri lutoase şi argiloase	$CO + \frac{CC - CO}{2}$ sau $CO + 0{,}50 \cdot I.U.A.$

Tabelul 5.52

Eficienţa valorificării apei de irigare pe teren îngrăşat şi neîngrăşat la câteva culturi agricole (după *Sipoş Gh.* şi *Păltineanu Rodica*, 1975)

Cultura	kg produs / mm apă de irigare la plafon minim de:					
	30% I.U.A.		50% I.U.A.		70% I.U.A.	
	kg/mm	faţă de neîngrăşat (%)	kg/mm	faţă de neîngrăşat (%)	kg/mm	faţă de neîngrăşat (%)
Fără îngrăşăminte						
Grâu	4,3	100	3,5	100	5,6	100
Porumb	12,4	100	8,7	100	8,0	100
Sfeclă zahăr	45,3	100	35,3	100	31,0	100
Soia	4,3	100	3,5	100	2,9	100
Cu îngrăşăminte						
Grâu	7,5	174	7,4	211	7,0	125
Porumb	16,9	136	14,5	167	10,7	134
Sfeclă zahăr	68,1	150	58,3	165	50,8	164
Soia	4,8	112	3,8	109	4,0	138

Scanned with OKEN Scanner

Calculând consumul energetic la irigarea câtorva culturi, în condițiile pedoclimatice din zona centrală a Moldovei, *Creţu A.* şi colab. (1984) constată că udările aplicate la plafon minim ridicat (70 % I.U.A.). Au o eficiență energetică redusă şi la culturile de grâu, soia şi cartof randamentul energetic este mai mic decât pe teren neirigat. Udările aplicate la plafonul minim de 30 % I.U.A. sau 50 % I.U.A. au avut un randament energetic mai mare (tab. 5.53).

Taylor citat de *Pleşa I.* şi *Florescu Gh.* (1974) arată că pe solurile cu drenaj bun şi fertilitate ridicată se pot obține recolte maxime când udările se aplică la forța de sucțiune menționată în tabelul 5.54.

Tabelul 5.53

Bilanțul energetic (GJ/ha), la unele culturi de câmp irigate la diferite plafoane minime (media 1982-1984) (după *Creţu A.* şi colab., 1984)

Cultura	Specificare	Neirigat	Irigat la PM de::		
			30% IUA	50% IUA	70% IUA
Grâu	Energia alocată (I_E)	22,4	25,0	27,1	29,2
	Energia obținută (O_E)	133,0	160,5	172,0	166,5
	Randament energetic (O_E/I_E)	5,9	6,4	6,4	5,7
Porumb boabe	Energia alocată	28,5	31,0	33,6	33,9
	Energia obținută	224,0	246,0	280,0	280,0
	Randament energetic	7,8	7,9	8,3	8,3
Floarea soarelui	Energia alocată	24,6	27,0	27,6	30,0
	Energia obținută	301,0	390,0	411,0	408,0
	Randament energetic	12,2	14,4	14,9	13,6
Soia	Energia alocată	20,0	23,7	26,0	28,5
	Energia obținută	261,0	321,0	345,0	345,0
	Randament energetic	13,0	13,5	13,3	12,1
Cartof	Energia alocată	45,4	47,2	52,6	54,3
	Energia obținută	146,7	163,8	170,2	170,2
	Randament energetic	3,2	3,5	3,2	3,1

Tabelul 5.54

Forța de sucțiune la care se recomandă să se aplice udările la diferite culturi (după *Taylor* citat de *Pleşa I.*, 1974)

Culturi de câmp	Sucțiunea (atm)	Legume	Sucțiunea (atm)	Pomi şi vie	Sucțiunea (atm)
Lucernă	1,50	Tomate	0,8 - 1,5	Pomi fructiferi	0,5 - 0,8
Porumb boabă	0,50	Varză	0,6 - 0,7	Căpşuni	0,2 - 0,3
Cereale păioase	0,4 - 0,5	Conopidă	0,6 - 0,7	Viță de vie	
Sfeclă zahăr	0,4 - 0,6	Morcovi	0,5 - 0,6	până la înflorire	0,4 - 0,5
Cartof	0,3 - 0,5	Ceapă	0,4 - 0,6	după înflorire	1,0
Fasole	0,75 - 7,0	Salată	0,4 - 0,6		
Tutun	0,3 - 0,8	Țelină	0,2 - 0,3		

Scanned with OKEN Scanner

Adâncimea de udare (*H*) se referă la stratul de sol ce cuprinde masa principală de rădăcini denumit şi *strat activ*, fără a se lua în considerație adâncimea maximă a rădăcinilor care pot ajunge la 2 - 3 m la plantele ierboase (fig. 5.27) şi 5 - 10 m la pomi şi viță de vie. La plantele cu înrădăcinare superficială, cum sunt cerealele păioase şi fasolea (tab. 5.55), grosimea stratului activ este de 0,50 m. Pentru plantele cu înrădăcinare mijlocie: porumb, sfeclă de zahăr, floarea-soarelui, lucernă în primul an de vegetație, grosimea potrivită a stratului activ se consideră 0,75 m.

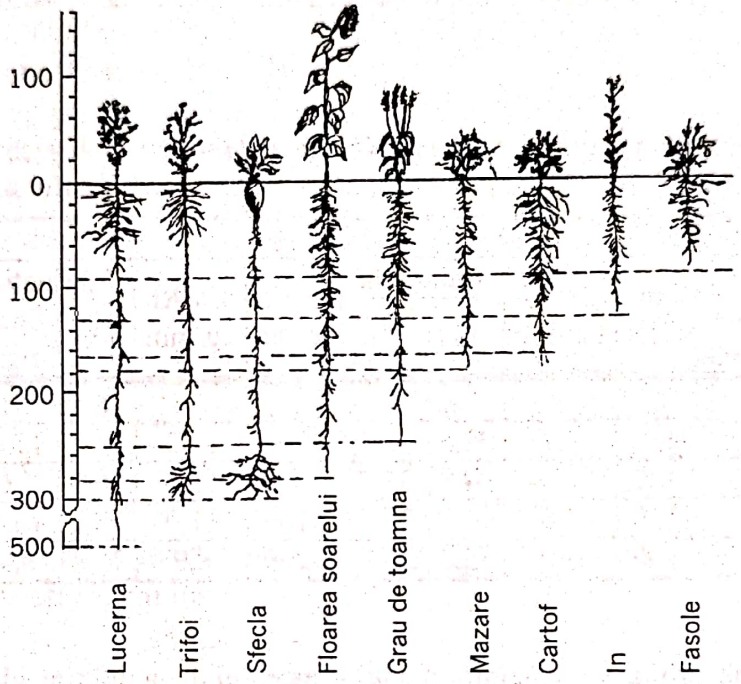


Fig. 5.27 Adâncimea la care pătrund în sol rădăcinile diferitelor culturi

Tabelul 5.55

Adâncimea stratului activ la principalele culturi (m)

Cultura	Silvostepă	Stepă uscată
Lucernă an I	0,75	1,00
Lucernă veche	1,00	1,25
Sfeclă zahăr	0,75	1,00
Floarea soarelui	0,75	1,00
Cartofi	0,75	1,00
Fasole boabe	0,50	0,75
Grâu	0,50	0,75
Porumb	0,75	1,00
Legume	0,50	0,75
Viță de vie	0,75	1,00
Pomi	1,00	1,25

La plantele cu înrădăcinare profundă cum ar fi lucerna, începând din anul II de vegetație şi pomii fructiferi, grosimea stratului activ este de 1 m. În zonele de stepă, cu evaporare puternică, grosimea stratului activ se poate mări cu 20 - 25 %, iar pe solurile freatic umede grosimea stratului activ se poate reduce. Rădăcinile plantelor se dezvoltă în special în zonele de sol cu umiditate potrivită şi de aceea, pe teren neirigat, se pot găsi mai multe rădăcini în straturile adânci unde se păstrează mai bine apa. Pe teren irigat cu norme moderate, unde se găseşte suficient aer în sol, rădăcinile se dezvoltă mai mult în straturile superficiale şi mai puțin în

Scanned with OKEN Scanner

adâncime. În acest caz, rădăcinile absorb mai multă apă şi substanţe nutritive din zonele superficiale ale solului şi nu trebuie umezit un strat prea gros de sol, căci aceasta împiedică buna lui aerisire, nu sporeşte prea mult recolta, dar măreşte consumul de apă şi depreciază însuşirile fizice, chimice şi biologice ale solului (tab. 5.56). Chiar la plantele cu înrădăcinare profundă cum ar fi sfecla sau lucerna, peste 60 % din apa necesară este absorbită de rădăcini din stratul de sol până la 50 - 60 cm adâncime (tab. 5.57). Regimul de irigare trebuie astfel dirijat încât plantele să formeze o masă bogată de rădăcini, fapt care asigură obţinerea de recolte mari.

Tabelul 5.56

Producţia şi consumul de apă la culturile de grâu, porumb şi soia irigate la diferite adâncimi pe Terasa Brăilei (1970-1972) (după *Vasiliu Maria*, 1975)

H (cm)	Grâu				Porumb				Soia			
	Producţia		Σ m m^3/ha	EVAI kg/mm	Producţia		Σ m m^3/ha	EVAI kg/mm	Producţia		Σ m m^3/ha	EVAI kg/mm
	q/ha	Spor irigat			q/ha	Spor irigat			q/ha	Spor irigat		
0	41,5	-	-	-	57,0	-	-	-	16,5	-	-	-
50	52,2	10,7	1450	9,1	92,5	35,5	2700	13,3	27,5	11,0	2400	4,7
75	51,5	10,0	1400	8,4	94,8	37,7	3060	13,0	26,6	9,6	2550	3,9
100	49,9	8,4	1150	7,6	90,3	33,3	3100	11,0	27,1	10,6	270	3,9
125	48,2	6,7	1300	6,0	85,2	28,2	3200	8,9	25,4	8,9	2900	3,3

Tabelul 5.57

Apa absorbită de rădăcinile sfeclei şi lucernei de la diferite adâncimi (după *Alfani A.*, 1959)

Adâncimea (cm)	Apa absorbită (% din total)	
	sfeclă	lucernă
0-30	62	47
30-60	19	15
60-90	12	15
90-120	7	12
120-150	-	8
150-180	-	3

Este necesar să se ţină seama şi de faza de vegetaţie a plantelor şi viteza de creştere a rădăcinilor. *Spark I. S.* (1987) arată că în condiţii de umiditate optimă a solului, rădăcinile cresc cu o viteză cuprinsă între 0,5 cm şi 3,0 cm pe zi, după cum urmează:

la grâul de toamnă

- ✓ de la semănat până la intrarea în iarnă 1,4 cm/zi;
- ✓ de la pornirea în vegetaţie primăvara până la înspicat 3,0 cm/zi;
- ✓ de la înspicat la coacere 0,5 cm/zi.

Scanned with OKEN Scanner

la floarea soarelui:

- ✓ de la răsărit până la apariția frunzei a doua 1,0 cm/zi;
- ✓ de la apariția frunzei a doua până la înflorit 3,0 cm/zi;
- ✓ de la înflorit până la coacere 0,5 cm/zi.

la lucernă, în medie, 3,0 cm/zi.

Dacă udările se aplică atunci când umiditatea solului a ajuns la plafonul minim atunci avem o normă de udare optimă. Dacă udarea se aplică când umiditatea solului este ceva mai mare sau mai mică decât plafonul minim atunci avem o normă de udare reală (*Canarache A.*, 1990). De cele mai multe ori norma de udare este cuprinsă între 300 şi 1000 m^3/ha.

Norma de irigație reprezintă cantitatea totală de apă ce se administrează unei culturi, pe suprafața de un ha, înainte şi în timpul perioadei de vegetație sau suma normelor de udare (Σm). Udările aplicate numai în perioada de vegetație formează norma de irigație din perioada de vegetație şi se calculează cu formula:

$$M = \Sigma (e+t) - R_i + R_f - P_v \qquad (5.25)$$

în care:

M - norma de irigare din perioada de vegetație (m^3/ha);
$\Sigma (e + t)$ - consumul total de apă al culturii respective (m^3/ha);
R_i, R_f - rezerva inițială (la semănat) şi finală (la recoltare) de apă în sol (m^3/ha);
P_v suma precipitațiilor utile din perioada de vegetație (m^3/ha).

În cazul solurilor cu aport freatic, la calculul normei de irigare se ține seama de aceasta şi se foloseşte formula:

$$M = \Sigma (e+t) - R_i + R_f - P_v - A_f \qquad (5.26)$$

în care:

A_f - aportul freatic în m^3/ha; restul termenilor au semnificațiile din relația 5.25.

Este de dorit ca plantele de cultură să folosească cât mai multă apă provenită din pânza freatică căci în acest fel se reduce pericolul salinizării secundare a solului. În funcție de condițiile pedoclimatice, plantele valorifică bine apa freatică de la adâncimea de 1,0 - 3,5 m (tab. 5.58). Cele cu înrădăcinarea profundă folosesc cantități mai mari din apa freatică (tab. 5.59).

Tabelul 5.58

Aportul freatic (A_f) în intervalul 15 aprilie - 15 septembrie pentru culturile cu înrădăcinare profundă (m^3/ha) (după *Măgdălina I.*, 1994)

Textura	Adâncimea apei freatice (m) şi caracteristicile climatice													
	1,0 - 1,5		1,5 - 2,0		2,0 - 2,5		2,5 - 3,0		3,0 - 3,5		3,5 - 4,0		4,0 - 4,5	
	Climat													
	arid	umed	arid	umed	arid	umed	arid	umed	arid	umed	arid	umed	arid	umed
N	2500	1500	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NL	5200	3350	3000	1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LN	4350	2800	3300	2000	2150	1000	1000	600	600	-	-	-	-	-
L	3300	2400	3000	2250	2750	2000	2500	1800	2100	1500	1600	1050	1000	-
LA	2700	2000	2500	1800	2100	1500	1850	1100	1000	700	-	-	-	-
A	2000	1000	1200	600	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.59

Repartiția aportului freatic pe grupe de culturi (după *Măgdălina I.*, 1994)

Culturile pe grupe	Perioada de vegetație (zile)	% din total aport	% din total aport pe intervale					
			15-30 IV	V	VI	VII	VIII	1-15 IX
Porumb, sfeclă, lucernă, soia tardivă, unele legume, pomi, vie	150	100	-	13	22	28	23	9
Porumb timpuriu, floarea soarelui, cartofi, fasole, soia timpurie, unele legume	120	84	6	17	24	26	11	-
Cartofi timpurii, unele legume	90	57	8	18	21	10	-	-
Grâu, orz	90	57	10	22	25	-	-	-
Toate culturile succesive	60	42	-	-	-	11	21	10

Pentru reducerea normei de irigație trebuie să se ia toate măsurile agrotehnice care să înlesnească înmagazinarea în sol a apei provenită din precipitații și să reducă, pe cât posibil, consumul de apă prin evaporare sau transpirația buruienilor. În regiunile de stepă perdelele de protecție, formate din specii forestiere, reduc viteza vântului, împiedică spulberarea zăpezii și reduc evapotranspirația.

Precipitațiile din perioada de vegetație (P_v) sunt utilizate de plante (precipitații utile) numai atunci când depășesc 5 mm (50 m^3/ha), cele mai mici pierzându-se datorită evaporației de pe suprafața solului și de pe părțile aeriene ale plantelor. În zona de stepă precipitațiile utile reprezintă circa 80 % din cele totale iar în silvostepă circa 85 %. În condițiile climatice din țara noastră, norma de irigare pentru diferite culturi variază în general între 500 și 5000 m^3/ha.

Mărimea normei de irigație este influențată și de volumul pierderilor ce se produc datorită infiltrației și evaporației, la aducțiunea apei de la sursă până la plantă. Raportul între volumul apei distribuit (V_d) și volumul captat (V_c), exprimat în procente, poartă numele de *randamentul rețelei* (η_r).

$$\eta_r = \frac{V_d}{V_c} \cdot 100 \qquad (5.27)$$

în care:

η_r - randamentul rețelei de irigație (%);
V_d - volumul de apă distribuit (m^3/ha);
V_c - volumul de apă prelevat din sursă (m^3/ha).

La amenajările cu conducte îngropate sub presiune, randamentul rețelei depășește 90 %, iar la amenajările cu canale de pământ neimpermeabilizate ajunge doar la 30 - 50 %. Un randament scăzut al rețelei, sporește mult prețul de cost al apei de irigare și în plus apare pericolul sărăturării secundare sau înmlăștinării solului.

Pentru stabilirea necesarului anual de apă în cadrul unei amenajări sau pentru determinarea suprafeței de teren ce se poate iriga dintr-o anumită sursă trebuie luată în calcul norma de irigație brută:

Scanned with OKEN Scanner

$$M_b = \frac{M_n}{\eta_r} \qquad (5.28)$$

în care:

M_b - norma de irigație brută (m^3/ha);
M_n - norma de irigație netă (m^3/ha);
η_r - randamentul rețelei de irigație.

Intervalul dintre udări. Întrucât consumul zilnic de apă se schimbă în funcție de faza de vegetație a plantei, udările nu se pot aplica la intervale egale. Pentru calculul *timpului de revenire* (T_{rev}) sau a intervalului de timp dintre două udări succesive se ține seama de norma de udare (m), consumul zilnic de apă ($e+t$) și de precipitațiile medii zilnice din perioada respectivă (P).

$$T_{rev} = \frac{m}{(e+t) - P} \qquad (5.29)$$

în care:

T_{rev} - intervalul de timp între două udări succesive (zile);
m - este norma de udare (m^3/ha);
$(e+t)$ - consumul mediu zilnic de apă al culturii în luna la care se referă T_{rev} (m^3/ha·zi);
P - precipitațiile medii zilnice din aceeași lună (m^3/ha·zi).

Pentru a stabili intervalul de timp până la aplicarea primei udări (T_1), se ține seama de rezerva de apă din sol la semănat (R_s) pe adâncimea stratului activ și de rezerva corespunzătoare plafonul minim (R_{PM}).

$$T_1 = \frac{R_s - R_{PM}}{(e+t) - P} \qquad (5.30)$$

în care:

R_s este rezerva de apă în sol la semănat (m^3/ha);
R_{PM} - rezerva de apă corespunzătoare plafonului minim (m^3/ha).

Numărul de udări. Eșalonarea udărilor în cursul perioadei de vegetație, ținând seama de condițiile pedoclimatice ale zonei respective și fiziologia plantei, se poate reda prin *schema udărilor*. La plantele producătoare de semințe se aplică în mod frecvent o udare în perioada înfloritului, una sau două înainte de înflorire și altele în timpul fructificării, așa încât, schema udărilor pentru porumb, de exemplu, se poate prezenta astfel: 1 - 1 - 2 sau 0 - 1 - 2.

Udările se pot grupa și sub forma unei scheme lunare, pentru diferitele culturi indicându-se numărul de udări aplicate în cursul fiecărei luni din perioada aprilie-septembrie (tab. 5.60).

În general, perioada de aplicare a udărilor începe în luna mai și se termină la sfârșitul lunii august, excepție fac grâul și orzul de toamnă, precum și unele specii de legume și vița de vie la care se aplică, în unii ani, udări și în luna aprilie. Toamna, în luna septembrie, se mai pot aplica udări la lucernă, porumb sau alte culturi succesive ca și la unele legume (tab. 5.61). După datele înregistrate la

Scanned with OKEN Scanner

S.C.A. Podu-Iloaiei, jud. Iaşi, în perioada 1968 - 1984, în cei mai mulţi ani sunt necesare udări la grâul de toamnă în luna mai şi începutul lunii iunie, la porumbul pentru boabe în luna iulie şi prima jumătate a lunii august, la cartof în luna iunie, la sfecla pentru zahăr în luna iulie şi prima jumătate a lunii august, la floarea-soarelui în iunie şi iulie etc (*Popescu Ch.*, 1987). Irigarea timpurie cu norme mici de udare determină formarea de rădăcini superficiale care, nu aprovizionează bine planta cu apă şi elemente nutritive, comparativ cu situaţia în care udările se aplică în fazele critice pentru apă (5.62).

Tabelul 5.60

Norma de irigaţie şi schema lunară a udărilor la câteva culturi agricole (după *Botzan M.*, 1969)

Elementele regimului de irigare	Felul anului	Cultura				
		Porumb	Grâu	Lucernă anul II	Sfeclă zahăr	Floarea soarelui
Zona de stepă						
Norma de irigaţie (m^3/ha)	secetos	4800	2400	7000	5600	4000
	mediu	4000	1800	6000	4800	3200
Schema lunară a udărilor	secetos	011220	211000	011221	011221	021200
	mediu	001220	120000	011121	001221	011200
Zona de silvostepă						
Norma de irigaţie (m^3/ha)	secetos	3500	2000	5400	4200	2800
	mediu	2800	1500	4500	3500	2100
Shema lunară a udărilor	secetos	011210	121000	011211	012210	011200
	mediu	001210	120000	001211	002210	001200

Tabelul 5.61

Intervale din perioada de vegetaţie în care poate apare necesitatea aplicării udărilor pentru diferite culturi

Cultura	Perioada de udare	Cultura	Perioada de udare
Porumb	1. V - 15. VIII	Fasole	1. V - 31. VII
Grâu, orz	1. IV - 30. VI	Porumb şi alte culturi pentru boabe în cultura a II-a	1. VII - 30. IX
Lucernă	1. V - 30. IX		
Sfeclă pentru zahăr	1. V - 1. IX		
Cartofi	1. V - 15. VIII	Legume	1. IV - 30. IX
Soia	1. V - 15. VIII	Pomi	1. V - 31. VIII
Floarea soarelui	1. V - 31. VII	Viţă de vie	1. IV - 31. VIII

Notă: În afara perioadelor arătate, la culturile de toamnă poate apare necesitatea udărilor de răsărire în perioada 15.IX-15.X.

În zonele cu resurse limitate de apă se poate renunţa la aplicarea a 1 - 3 udări, admiţând un aşa numit *stres hidric* în anumite perioade de vegetaţie, astfel încât

Scanned with OKEN Scanner

pierderile de recoltă să fie reduse în comparație cu economia de apă realizată. În condițiile de la S.C.A. Podu-Iloaiei, porumbul neirigat în perioada de creştere vegetativă şi de umplere a bobului a dat recolte cu circa 20 % mai mici decât cultura irigată în toate fazele de vegetație, realizându-se în acest fel o economie de apă de circa 60 % (tab. 5.63).

Tabelul 5.62

Influența perioadei de irigare asupra creşterii rădăcinilor şi a recoltei la porumb (după *Staicu I.*, 1969)

Perioada de irigare	Norma de irigație (mm)	Numărul de udări	Masa de rădăcini (g/plantă)	Producția de boabe	
				kg/ha	%
mai-iunie	100	5	190	5730	100
iulie	100	2	214	8220	143

Tabelul 5.63

Producția obținută la porumb în condiții de stres hidric la S.C.A. Podu-Iloaiei (1990 - 1993) (după *Carp Ana*, 1999)

Faza de vegetație în care s-a irigat	Producția		Σ m		EVAI kg/m^3
	kg/ha	%	m^3/ha	%	
V + G + UB	11.990	100,0	1.917	100,0	6,25
G + UB	10.415	86,9	1.533	80,0	6,79
V + UB	9.043	75,4	983	51,3	9,20
G	9.483	79,1	767	40,0	12,36
Neirigat	6.921	57,7	-	-	-

V - creştere vegetativă; G - creştere generativă; UB - umplere bob.

Udarea de aprovizionare. În regiunile secetoase trebuie să se aplice, din toamnă, udarea de aprovizionare cu scopul de a asigura apa necesară pentru răsăritul uniform al culturilor şi pentru dezvoltarea normală a plantelor, în fazele inițiale de vegetație. La S.C.A. Mărculeşti, jud. Călăraşi, grâul care a primit o udare din toamnă, cu norma de 50 - 100 mm, a produs cu 85 - 93 % mai mult decât cel neirigat (5.64).

Tabelul 5.64

Influența irigării asupra producției de grâu la S.C.A. Mărculeşti, jud. Călăraşi (1978 - 1983) (după *Morariu G.*, 1984)

Varianta	Producția	
	q/ha	%
Neirigat	24,3	100
Irigat toamna cu 100 mm	47,0	193
Irigat toamna cu 50 mm	45,1	185
Irigat toamna cu 50 mm şi primăvara la 50 % IUA	50,8	209
Irigat toamna cu 100 mm şi primăvara la 50 % IUA	51,6	212

Scanned with OKEN Scanner

În primele zile după răsărirea plantelor, nu se aplică udări, pentru a nu deranja tinerele plăntuțe prin efecte mecanice și pentru a se evita formarea crustei. Udările de aprovizionare aplicate în toamnă, pentru culturile de primăvară, sunt necesare numai în regiunile unde precipitațiile de iarnă (P_i) sunt mai mici sau cel mult egale cu capacitatea de înmagazinare a apei de către sol.

$$c \cdot P_i \leq 100 \cdot H \cdot DA(CC - CO) \qquad (5.31)$$

în care:

- c - este coeficientul de înmagazinare a precipitațiilor din sezonul rece (0,9 în stepă și 0,4 în zona pădurilor de câmpie);
- P_i - precipitațiile din sezonul rece (m^3/ha);
- H - adâncimea de umezire (150 cm în stepă și 50 cm în zona subumedă a pădurilor de câmpie);
- DA - densitatea aparentă (g/cm^3);
- CC - capacitatea de câmp (% g/g);
- CO - coeficientul de ofilire (% g/g).

Cercetările întreprinse în țara noastră au dovedit că în regiunea de stepă sunt necesare, în toți anii, udări de aprovizionare aplicate toamna pentru culturi de primăvară; în regiunea de silvostepă sunt necesare aceste udări numai în anii secetoși iar în zona pădurilor de câmpie udările de aprovizionare nu sunt necesare. La culturile de toamnă, se aplică udări de aprovizionare numai atunci când rezerva de apă rămasă în sol, după recoltarea culturilor premergătoare, a atins plafonul minim. Pentru culturile de vară se aplică udări de aprovizionare în toate zonele.

Norma udării de aprovizionare (a), pentru culturile de primăvară, se calculează din formula bilanțului apei în perioada de iarnă:

$$a = R_i - R_f - c \cdot P_i \qquad (5.32)$$

Ținând seama că rezerva de apă din sol (R_i) trebuie să fie egală cu cea corespunzătoare capacității de câmp (R_{CC}), relația se poate scrie:

$$a = R_{CC} - R_f - c \cdot P_i \qquad (5.33)$$

Dacă termenii acestei relații sunt exprimați în procente, pentru estimarea rezultatelor în m^3/ha se poate folosi formula:

$$a = 100 \cdot DA \cdot H \cdot (CC - W_f) - c \cdot P_i \qquad (5.34)$$

în care:

- a - norma udării de aprovizionare (m^3/ha);
- W_f - umiditatea solului la sfârșitul perioadei de vegetație (% g/g).

Pentru culturile de toamnă și de vară norma udărilor de aprovizionare se calculează ca și la udările de vară cu formula:

$$a = 110 \cdot H \cdot DA \cdot (CC - W) \qquad 5.35)$$

În condițiile climatice din țara noastră, rezerva inițială de apă în sol (la 1 aprilie), pe 1,5 m adâncime, este mai mică decât capacitatea de câmp cu 600 - 700 m^3/ha sau cu 15 % în zona de stepă, cu 400 - 500 m^3/ha sau 10 % în zona de silvostepă și se găsește aproximativ la nivelul capacității de câmp în zona pădurilor de câmpie.

Scanned with OKEN Scanner

Rezerva finală de apă din sol, la 1 octombrie, până la adâncimea de 1,5 m, depinde de însuşirile plantei cultivate. Astfel, în regiunea de stepă, după fasole, cartofi timpurii, grâu de toamnă şi floarea-soarelui, rezerva finală (R_f) depăşeşte cu circa 400 m^3/ha rezerva corespunzătoare coeficientului de ofilire, după porumb cu aproximativ 700 m^3/ha, iar după sfecla de zahăr, cartofi târzii şi lucernă cu circa 1000 m^3/ha (tab. 5.65).

Tabelul 5.65

Valorile medii ale rezervei iniţiale (R_i) şi finale (R_f) pe zone şi culturi (mm)

Zona	Porumb siloz (după grâu)		Lucernă		Porumb, fl. soarelui		Sfeclă, soia, cartof, fasole	
	R_i	R_f	R_i	R_f	R_i	R_f	R_i	R_f
Stepa şi silvostepa din Dobrogea centrală + litoral	352	380	418	365	427	316	415	363
Stepă uscată	359	360	379	345	366	262	365	292
Stepă moderată	382	360	380	339	380	287	381	327
Silvostepă	436	450	411	366	440	345	438	389
Stepa moderată şi silvostepa din Câmpia de Vest	492	494	498	440	509	451	507	479
Silvostepa Moldovei centrale şi de nord	441	428	443	441	449	382	443	400
Zona de tranziţie + forestieră	485	457	429	386	474	396	476	416
Nisipurile din stânga Jiului	151	128	178	135	161	137	159	140

Coeficientul de înmagazinare a precipitaţiilor de iarnă se poate calcula cu relaţia 5.36 şi variază în funcţie de zona climatică între 0,2 şi 0,9 (frecvent 0,4 - 0,7), fiind mai mic după culturile care lasă în sol o rezervă finală mai mare, sau după aplicarea udărilor de aprovizionare.

$$c = \frac{R_i - R_f}{P_i} \qquad (5.36)$$

în care:

c este coeficientul de înmagazinare a precipitaţiilor din iarnă (0,9 în stepă şi 0,4 în zona pădurilor de câmpie);

R_i, R_f - rezervele iniţială şi finală de apă din sol (m^3/ha);

P_i - precipitaţiile din sezonul rece (m^3/ha).

Grosimea stratului de sol (H) ce se umezeşte la irigarea de aprovizionare, pentru culturile de primăvară, este de 1,5 m la solurile lutoase şi argiloase şi 1 m la solurile nisipoase. Pentru culturile de toamnă, adâncimea de udare variază între 0,5 şi 1,5 m după cum precipitaţiile de iarnă ce cad în zona respectivă sunt mai abundente sau mai reduse. Pentru culturile de vară, grosimea stratului de sol umezit nu depăşeşte de obicei 0,5 m, deoarece udarea care se aplică are în primul rând rolul de a asigura răsărirea culturii respective.

În general, norma udării de aprovizionare aplicată toamna, pentru culturile de primăvară, variază între 600 şi 1500 m^3/ha după conţinutul în apă al solului şi zona climatică, iar pentru culturile de vară şi de toamnă nu depăşeşte 1000 m^3/ha.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru cultura de grâu de toamnă, rezerva inițială de apă în sol (R_i) se consideră egală cu rezerva finală (R_f) de la cultura premergătoare iar pentru porumbul siloz, de exemplu, rezerva inițială este egală cu rezerva de apă în sol rămasă după grâu.

Udarea de aprovizionare, pentru culturile de primăvară, se poate aplica toamna înainte de arat, după arat sau primăvara devreme. Udarea aplicată înaintea arăturii permite folosirea eventual, a brazdelor amenajate la cultura premergătoare şi creează condiții mai bune pentru arat, dar întârzie pregătirea solului. Udarea aplicată după executarea arăturii determină înmagazinarea mai bună a apei în sol, însă contribuie la tasarea stratului arat. Udarea aplicată primăvara permite echilibrarea mai bună a umidității din sol decât în cazul udărilor din toamnă, dar întârzie semănatul culturilor timpurii de primăvară. Pentru culturile de toamnă, udarea se poate aplica înainte de recoltarea culturii premergătoare, sau după recoltare, pe terenul nearat sau după arat. Pentru culturile de vară, udarea se aplică înainte de arat sau după efectuarea acestei lucrări. Fiecare din aceste epoci de aplicare a udării prezintă avantaje şi neajunsuri, de care trebuie să se țină seama când se ia decizia declanşării udării.

Tabelul 5.66

Solubilitatea unor îngrăşăminte folosite în mod curent

Îngrăşământul	Solubilitatea (g/l)
Amoniac	97
Azotat de amoniu	1185
Sulfat de amoniu	700
Azotat de calciu	2670
Sulfat de calciu	Insolubil
Difosfat de amoniu	413
Difosfat de calciu	Insolubil
Sulfat de magneziu	700
Sulfat de mangan	517
Monofosfat de amoniu	225
Monofosfat de calciu	Insolubil
Clorură de potasiu	277
Azotat de potasiu	135
Sulfat de potasiu	67
Uree	1190

Irigarea fertilizantă. Administrarea îngrăşămintelor odată cu apa de irigare a început la cultura florilor şi a legumelor, apoi s-a extins şi la culturile de câmp. Îngrăşămintele se dizolvă în apa de udare fără a depăşi 2 kg la m^3 de apă, de exemplu: 1 kg azotat de amoniu, 150 g fosfat de amoniu şi 850 g azotat de potasiu. Nu trebuie să ajungă în sol odată cu îngrăşămintele cantități mari de ioni SO_4, Cl, Na care, pot determina salinizarea lui. De regulă, se aplică o udare cu îngrăşăminte şi alta cu apă curată. La stabilirea proporției între elementele fertilizante se ține seama de cerințele plantei, faza de vegetație, însuşirile solului etc. La irigarea fertilizantă se folosesc îngrăşăminte uşor solubile în apă, cum sunt: azotatul de amoniu, ureea, azotatul de calciu, fosfatul de amoniu, azotatul de potasiu etc (tab. 5.66).

La stabilirea dozei de îngrăşăminte şi a concentrației soluției trebuie să se țină seama şi de metoda de udare întrucât la irigarea prin brazde soluția ajunge la rădăcinile plantei iar la irigarea prin aspersiune vine în contact cu părțile aeriene ale acesteia. În general, frunzele plantelor sunt sensibile şi, mai ales, cele tinere nu suportă concentrații mai mari de 0,3 - 0,5 % iar irigarea este bine să se facă dimineața când plantele sunt acoperite de rouă şi în acest fel soluția se mai diluează.

Scanned with OKEN Scanner

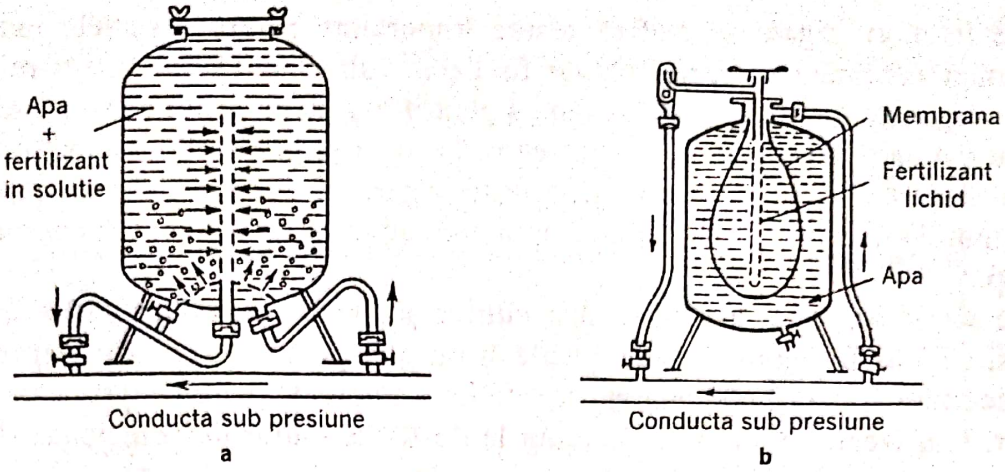


Fig. 5.28 Dispozitive pentru amestecarea îngrăşămintelor cu apa de irigaţie
a - fără membrană; b - cu membrană.

Aplicarea îngrăşămintelor pe părţile aeriene ale plantelor prezintă unele avantaje dar şi neajunsuri. Substanţele nutritive pătrund direct în plantă şi se pot folosi doze de 5 - 6 ori mai mici decât la încorporarea îngrăşămintelor în sol. În acest mod, se pot aplica îngrăşăminte în timpul vegetaţiei şi la culturile dese dar concentraţia soluţiei şi uniformitatea distribuirii ei trebuie controlate cu atenţie. De obicei, se pregătesc soluţii concentrate din care se introduc în apa de irigare cantităţi bine determinate, folosind diferite dispozitive de amestec (fig. 5.28). Dacă se folosesc îngrăşăminte care nu sunt în întregime solubile, rezidiul rămas poate înfunda duzele aspersoarelor. Irigarea fertilizantă se aplică adesea culturilor de legumele şi florilor, atât în câmp cât şi în spaţii protejate (răsadniţe, solarii, sere). În acest caz, trebuie controlată riguros calitatea apei de irigare deoarece în spaţii protejate salinizarea solului se produce mai repede decât în câmp deschis.

5.3.3 Particularităţile culturii plantelor pe terenuri irigate

Pentru ca apa să fie asigurată în concordanţă cu ceilalţi factori de vegetaţie şi să se obţină recolte mari, pe aceste terenuri trebuie să se aplice o agrotehnică adecvată. Alegerea speciilor şi rotaţia potrivită a culturilor, efectuarea în bune condiţii a lucrărilor de pregătire a solului, fertilizarea corespunzătoare, precum şi executarea corectă a lucrărilor de întreţinere a culturilor, reprezintă pârghii importante de reglare a regimului hidric şi îmbunătăţire a fertilităţii solului.

5.3.3.1 Rotaţia culturilor. Plantele care se cultivă în ţara noastră pe teren irigat sunt: porumbul, grâul, floarea-soarelui, sfecla pentru zahăr, soia, cartoful, şi lucerna iar pe suprafeţe mai mici: fasolea, orzul de toamnă, orezul, iarba de Sudan, mazărea, sorgul, sfecla furajeră, secara pentru masă verde, golomăţul şi raigrasul italian. Unele dintre aceste plante au o perioadă lungă de vegetaţie (porumb, sfeclă pentru zahăr, floarea-soarelui, soia); altele au o perioadă mai scurtă de vegetaţie (grâu, orz, rapiţă, mazăre) iar altele se pot cultiva în mirişte, sub forma culturilor succesive (fasole, soia, porumb-siloz, iarbă de Sudan, etc). Plantele furajere valorifică foarte bine apa de irigaţie, obţinându-se însemnate sporuri de recoltă.

Scanned with OKEN Scanner

Pe terenuri irigate se cultivă plante importante pentru diversele ramuri ale economiei naţionale (cereale, plante furajere, culturi industriale). O treime sau chiar o jumătate din suprafaţa amenajată pentru irigaţii ar trebui cultivată cu plante care au perioadă scurtă de vegetaţie, astfel încât să se poată obţine două recolte pe an. La alegerea culturilor pentru terenurile irigate se ţine seama şi de capacitatea sistemului de irigaţie, eşalonându-se aplicarea udărilor pe o perioadă cât mai lungă de timp.

Pe aceste suprafeţe este bine să se cultive şi plante care îmbunătăţesc însuşirile solului, cum ar fi leguminoasele anuale şi perene, pentru boabe sau pentru nutreţ. În agricultura irigată, intercalarea în rotaţie a plantelor pentru îngrăşământ verde sau furaj nu afectează cu nimic terenurile destinate culturilor principale, deoarece se organizează culturi ascunse sau culturi în mirişte. Astfel, semănând lucernă primăvara, într-o cultură de grâu de toamnă, aceasta vegetează normal iar după recoltarea grâului îşi continuă creşterea până toamna, aplicând, după necesităţi, una sau mai multe udări. De asemenea, în urma unei culturi recoltate devreme, cum ar fi secara de toamnă pentru masă verde sau grâul de toamnă, se poate semăna, cu rezultate bune, porumbul în amestec cu soia pentru siloz sau chiar soia în cultură pură. Printr-o fertilizare şi irigare corespunzătoare, culturile semănate în mirişte lasă în sol o masă bogată de rădăcini, contribuind prin aceasta, la îmbunătăţirea însuşirilor solului.

Leguminoasele perene au un rol foarte important pe terenurile irigate, întrucât consumând însemnate cantităţi de apă, determină întreruperea ascensiunii capilare şi implicit transportul sărurilor din adâncime către suprafaţa solului. Dintre acestea prezintă importanţă, în special, lucerna. Asolamentul cu lucernă se deosebeşte de celelalte deoarece această plantă se cultivă pe solă săritoare, adică o solă se însămânţează cu lucernă şi se menţine ca atare mai mulţi ani, după care se desţeleneşte. Această solă intră după desţelenire în rotaţie, însămânţându-se cu o plantă anuală iar lucerna se seamănă într-una din solele asolamentului care manifestă nevoie mai mare de ameliorare. Lucerna prezintă avantajul că dă o producţie de masă verde foarte ridicată şi de bună calitate , depăşind producţia celor mai multe plante furajere anuale. În anii foarte secetoşi, când apa de irigaţie nu este suficientă pentru satisfacerea necesităţii tuturor culturilor, se poate renunţa la irigarea lucernei întrucât aceasta utilizează bine apa din straturile mai adânci ale solului, datorită rădăcinilor profunde. La grâu, porumb şi cartof cultivate după lucernă şi alte leguminoase s-au obţinut însemnate sporuri de recoltă (tab. 5.67). Menţinerea şi sporirea fertilităţii solului se realizează şi prin cultura altor plante când ele primesc cantităţi mari de îngrăşăminte organice şi minerale.

Efectul ameliorator este de durată mai scurtă pe terenurile irigate, datorită consumului mai mare de substanţe nutritive al culturilor irigate şi efectului apei de irigare, care antrenează în adâncime substanţele nutritive. Se consideră că efectul ameliorator al leguminoaselor perene (lucernă) durează aproximativ trei ani, al leguminoaselor anuale un an, al îngrăşămintelor organice doi ani iar cel al îngrăşămintelor minerale, aplicate în doze mari, 1 - 2 ani. Durata asolamentului în cazul culturilor irigate nu trebuie să depăşească 4 - 5 ani.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.67

Sporul de recoltă obținut la introducerea unei leguminoase în asolament (după *Staicu I.*, 1982)

Staţiunea experimentală	Durata experienţelor (ani)	Leguminoasa	Spor de recoltă (kg/ha)		
			grâu	porumb	cartof
Fundulea	12	lucernă	1960	750	
Fundulea	12	soia	1390	2220	
Brăila	6	soia	1510	1830	
Brăila	6	lucernă		2610	
Braşov	8	mazăre			2800
Secuieni - Roman	8	soia			1600
Suceava	4	borceag			2000

Pentru a preveni salinizarea secundară a solului, în agricultura irigată, terenul trebuie menținut tot timpul, în sezonul cald, acoperit cu vegetație. După recoltarea culturilor, în timpul verii, terenul se însămânțează cu o altă cultură, care ajunge în fază bună de recoltare până toamna şi apoi terenul va fi pregătit din nou pentru însămânțarea culturilor de toamnă sau de primăvară.

Cultura succesivă a plantelor (în mirişte) este o măsură economică şi eficientă, deoarece udările se eşalonează pe o perioadă mai lungă iar producțiile suplimentare obținute contribuie la reducerea timpului de recuperare a cheltuielilor ocazionate de realizarea amenajărilor de irigație. La S.C.C.I. Mărculeşti, cu o normă de irigare de 370 mm s-a obținut o producție de 6.780 kg boabe la porumbul semănat după cereale de toamnă (*Nicolae H.*, 1990). Vara se pot semăna porumbul pentru nutreț în cultură pură sau în amestec cu soia, precum şi sorgul sau iarba de Sudan. La alegerea plantei care urmează a fi însămânțată se ține seama de data recoltării culturii premergătoare, ca şi de epoca de însămânțare a plantei următoare (toamna sau primăvara). În unele cazuri, se pot însămânța culturi mai valoroase, cum ar fi porumbul pentru boabe, folosindu-se hibrizi mai precoci sau cartofi în cultură de vară etc. Culturile succesive trebuie însămânțate până la 10 - 15 iulie şi irigate, mai ales în prima jumătate a perioadei de vegetație. Pentru asigurarea răsăririi se aplică udări imediat după recoltarea culturii premergătoare sau după efectuarea arăturii. După resursele termice, în țara noastră se pot distinge 3 zone favorabile pentru practicarea culturilor succesive (tab. 5.68).

Cele mai mari recolte la culturile succesive s-au obținut în zonele I şi II dar respectând epoca de însămânțare (mai, iunie) şi aplicând măsuri agrotehnice corespunzătoare. Porumbul a dat recolte mai mari decât floarea soarelui, soia sau fasolea (tab. 5.69). s-au obținut producții bune de furaj şi în zona centrală a Moldovei. Astfel, la S.C.A. Podu-Iloaiei, jud. Iaşi, porumbul pentru siloz semănat după secară masă verde a produs, în medie, 138,9 q/ha substanță uscată (*Popescu Ch.* şi colab., 1987).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.68

Zonarea resurselor termice pentru culturi succesive în corelație cu perioada de recoltare a unor premergătoare (după *Picu I.*, 1984)

Zona	Suma temperaturilor de peste 10 °C după diferite premergătoare după data de:				
	1 iunie	10 iunie	20 iunie	1 iulie	10 iulie
	Culturi masă verde	Orz și rapiță de toamnă		Grâu, soiuri timpurii și mijlocii	
I. Sud-vestul Olteniei și zona limitrofă Dunării până la est de Călărași	1400 - 1500	1300 - 1400	1200 - 1300	1100 - 1200	1000 - 1100
II. Partea de sud a Câmpiei Române și Dobrogea	1300 - 1400	1200 - 1300	1100 - 1200	1000 - 1100	900 - 1000
III. Partea de nord a Câmpiei Române, sudul Moldovei și Câmpia de Vest	1200 - 1300	1100 - 1200	1000 - 1100	900 - 1000	800 - 900

Tabelul 5.69

Producțiile unor soiuri și hibrizi de porumb, floarea soarelui, fasole și soia însămânțate în culturi succesive în două epoci la I.C.C.P.T. Fundulea (după *Sarca T.* și colab., 1984)

Specia	Epoca de însămânțare		Nr. soiuri și hibrizi	Producția (fructe, semințe)		Eficiența față de:	
	anii	epoca		kg/ha	Mcal/ha	epoca I (%)	porumb (%)
Porumb*	1982-1983	I (21-28 VI)	4	6730	26388	100,0	100,0
	1982-1983	II (1-15 VII)	4	5180	20311	77,0	100,0
Floarea soarelui	1982-1983	I (12-14 VI)	4	2176	12314	100,0	46,7
	1982-1983	II (24-27 VI)	4	2208	12501	101,5	61,7
Fasole	1972-1976	I (15-25 VI)	3	1401	5471	100,0	20,7
	1972-1976	II (1-15 VII)	3	1035	4042	73,9	19,9
Soia	1981-1983	vegetație 99 zile	3	2333	11597	100,0	43,9
	1981-1983	vegetație 100-110 zile	3	2167	10772	92,9	53,0

* producții medii obținute la Fundulea, Brăila, Dobrogea, Mărculești, Șimnic și Caracal

O altă caracteristică a asolamentelor irigate este numărul relativ mic de sole, datorită numărului mai redus de specii ce se cultivă. Pentru a se obține recolte mari este necesar să se aplice doze corespunzătoare de îngrășăminte, insectofungicide și erbicide și să se efectueze, în bune condiții, lucrările solului. Când intervine necesitatea de a cultiva un număr mai mare de plante decât numărul de sole existente, se pot grupa câte două - trei plante, asemănătoare din punct de vedere

Scanned with OKEN Scanner

agrotehnic, pe aceeaşi solă (solă mixtă). Alegerea plantelor trebuie să se facă în aşa fel încât să nu apară dificultăţi la organizarea aplicării udărilor. Nu este raţional să se renunţe la asolament pentru a cultiva porumb sau alte plante în monocultură. Experienţe executate la Institutul de Cercetări pentru Cereale şi Plante Tehnice Fundulea (*Hulpoi N.*, 1967) arată că prin cultivarea porumbului în asolament cu grâul (porumb în mirişte) se obţine o producţie medie anuală cu valoare energetică de 38.878 Mcal/ha, în timp ce la porumb în monocultură, valoarea energetică a producţiei este de numai 32.152 Mcal/ha (tab. 5.70). În cazul unei rotaţii de patru ani: floarea-soarelui, grâu (urmat de porumb în mirişte), sfeclă pentru zahăr şi porumb boabe, valoarea energetică medie anuală ajunge la 56.102 Mcal/ha. Rezultă deci, că prin sporirea numărului de culturi în asolament, sporeşte şi valoarea producţiei totale. Din suprafaţa irigată se poate rezerva până la 50% pentru cultura unei singure plante: porumb, sfeclă sau soia etc, iar restul suprafeţei se însămânţează cu plante ce au perioadă scurtă de vegetaţie, urmate de porumb-siloz, porumb-boabe, soia, fasole, etc. În anul următor, se schimbă locul între cultura pură şi culturile duble. Plantele cu perioadă scurtă de vegetaţie sunt preferate în unele cazuri pe terenurile irigate, deoarece producţia globală obţinută de la 2 - 3 culturi într-un an depăşeşte de obicei producţia unei singure culturi cu perioadă lungă de vegetaţie. Culturile asociate (intercalate), cum ar fi porumbul cu fasolea, valorifică mai bine apa de irigaţie.

Tabelul 5.70

Producţia şi valoarea energetică a unor culturi de câmp irigate în diferite rotaţii pe cernoziom mediu levigat la Fundulea, jud. Ilfov (după *Hulpoi N.* şi colab., 1967)

Tipul rotaţiei	Specii cultivate	Producţia (q/ha)	Valoarea energetică a recoltei (Mcal/ha)		
			Pe cultură	Pe rotaţie	
				total	media
Monocultură	Porumb boabe	82	32152	32152	32152
De 2 ani cu 3 culturi	Grâu de toamnă	55	21098	77757	38878
	Porumb boabe în mirişte	49	19017		
	Porumb boabe	96	37642		
De 3 ani cu 4 culturi	Soia boabe	39	19387	85075	28358
	Grâu de toamnă	52	19947		
	Fasole boabe în mirişte	21	8200		
	Porumb boabe	96	37641		
De 4 ani cu 5 culturi	Floarea soarelui	39	22070	224409	56102
	Grâu de toamnă	57	21865		
	Porumb siloz în mirişte	597	62088		
	Sfeclă pentru zahăr	1016	99568		
	Porumb boabe	99	38818		

În zona pădurilor de câmpie, în anii mai umezi, plantele cu consum de apă mai redus, cum este grâul, nu trebuie irigate. În acest caz, la alcătuirea asolamentului, odată cu indicarea sistemului de fertilizare şi de lucrare a solului, trebuie să se

Scanned with OKEN Scanner

menţioneze dacă planta va fi irigată sau nu. Asemenea asolamente cu sole irigate şi neirigate, sunt potrivite pentru terenurile cu nivel ridicat al apei freatice şi fără posibilităţi de drenare. În acest fel se realizează economisirea apei de irigaţie, concomitent, evitându-se pericolul salinizării secundare a solului.

Picu I. şi colab. (1978) arată că se pot organiza mai multe tipuri de rotaţii, corespunzător structurii culturilor. Astfel, pentru cereale şi plante tehnice se organizează o rotaţie de 4 - 5 ani, de tipul: porumb, floarea-soarelui, grâu, sfeclă sau porumb, porumb, floarea-soarelui, grâu, sfeclă. Pentru cereale şi leguminoase anuale se poate organiza o rotaţie de 3 - 4 ani, cum ar fi: porumb, soia, grâu, sau porumb, porumb, soia, grâu. Când se cultivă numai cereale, rotaţia poate fi de 2 - 3 ani, de tipul: porumb, grâu sau porumb, porumb, grâu. După o perioadă de cinci ani, se poate face o redistribuire a solelor pentru ca unele plante, cum ar fi floarea-soarelui, să revină pe acelaşi loc după o perioadă cât mai lungă de timp, în scopul uniformizării fertilităţii solului dar şi a combaterii buruienilor, bolilor şi dăunătorilor. Odată cu stabilirea rotaţiei culturilor, se precizează şi modul de executare a lucrărilor solului, fertilizarea, irigarea etc.

Cercetări întreprinse la Fundulea pentru stabilirea celor mai potrivite succesiuni de culturi furajere, au pus în evidenţă următoarele:

- ✓ pentru cultura I: borceag de toamnă, secară, mazăre, borceag de primăvară, toate pentru nutreţ verde;
- ✓ pentru cultura a II-a: porumb pentru masă verde sau siloz, iarbă de Sudan şi sorg furajer;
- ✓ pentru cultura a III-a: porumb masă verde, rapiţă furajeră, varză furajeră.

Cele mai ridicate producţii de substanţă uscată şi proteină brută s-au obţinut la structurile cu două şi trei culturi (tab. 5.71)

Tabelul 5.71

Cele mai valoroase culturi şi structuri de culturi furajere recomandate de I.C.C.P.T. Fundulea pentru condiţii de irigare

Structuri de culturi furajere			Producţia obţinută		
Cultura I	Cultura a II-a	Cultura a III-a	Masă verde (q/ha)	Substanţă uscată (q/ha)	Proteină brută q/ha
Borceag de toamnă	Porumb siloz	Rapiţă furajeră	1300	240	21,0
Borceag de toamnă	Iarbă de Sudan	-	1300	260	32,3
Borceag de toamnă	Hibridul sorg × iarbă de Sudan	-	1350	270	27,3
Orz boabe	Porumb siloz	-	-	162	10,2
Orz boabe	Iarbă de Sudan	-	-	212	26,0
Orz boabe	Hibridul sorg × iarbă de Sudan	-	-	177	17,5
Sfeclă furajeră	-	-	1550	170	14,8
Lucernă	-	-	900	180	28,0

Scanned with OKEN Scanner

La înființarea pajiștilor pe terenuri irigate se pot folosi speciile menționate în tabelul 5.72.

Tabelul 5.72

Tipuri de pajişti indicate pe terenuri irigate (după *Ionescu - Siseşti Vl.* şi colab., 1982)

Tipul de pajişte	Tipurile de sol pe care este indicată pajiştea	Durata de exploatare (ani)	Modul de exploatare
Lucernă semănată primăvara	Cernoziomuri, soluri aluvionare şi soluri brune, permeabile, cu pH > 6,2	3	Cosit
Lucernă în amestec cu golomăț (semănate primăvara)	Cernoziomuri, soluri aluvionare şi soluri brune, permeabile, cu pH > 6,2	4	Cosit
Trifoi roşu în amestec cu golomăț (semănate primăvara)	Soluri brune, cernoziomuri cu structura degradată, soluri cu denivelări (crovuri)	2 - 3	Cosit
Trifoi roşu în amestec cu raigras aristat (semănate primăvara)	Soluri brune, cernoziomuri din zona colinară, soluri cu denivelări (crovuri)	2	Cosit
Amestec de lucernă + golomăț şi raigras aristat (semănat la începutul toamnei)	Cernoziomuri, soluri aluvionare şi soluri brune, permeabile, cu pH > 6,2	2 - 3	Cosit
Amestec de trifoi roşu + golomăț şi raigras aristat (semănat la începutul toamnei)	Soluri brune, cernoziomuri cu structura degradată, soluri cu denivelări (crovuri)	2	Cosit
Amestec format din trifoi Ladino + golomăț (semănat primăvara)	Toate tipurile de sol din zonele irigate	7 - 9	Păşunat (coasa I, păşunat)

La cultura orezului rotația este absolut necesară, deoarece datorită irigației prin submersiune pământul nu se poate aerisi suficient şi microorganismele anaerobe descompun încet substanța organică. O bună parte din substanțele nutritive sunt spălate în adâncime, solul capătă o reacție acidă şi se înmulțesc buruienile. Pe de altă parte, amenajarea unei orezării necesită mari cheltuieli şi forță de muncă şi de aceea nu este economic să se cultive alte plante în locul orezului. Pentru a introduce totuşi rotația şi în cultura acestei plante, se cultivă 2 - 3 ani sau chiar 5 - 6 ani la rând orez pe aceeaşi suprafață şi apoi 1 - 2 ani alte plante neirigate, leguminoase sau prăşitoare (soia, lucernă solă săritoare, floarea-soarelui, porumb etc). De asemenea, pentru perioada rece a anului (octombrie - aprilie) se poate cultiva borceagul de toamnă.

5.3.3.2 Folosirea îngrăşămintelor. Pe terenurile irigate soluția solului se poate dilua prea mult, fapt care stânjeneşte dezvoltarea normală a plantelor, reducând recolta. Urmărindu-se, într-o experiență, efectul irigației, s-a constatat că prin sporirea numărului de udări, peste o anumită limită, pe solurile neîngrăşate recolta începe să scadă.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.73

Variația conținutului în azot pe cernoziomul tipic irigat și neirigat

Adâncimea (cm)	Azot total (mg/kg sol)		
	Neirigat	Irigat 20 ani	Diferența neirigat-irigat
0 - 10	2800	2310	490
10 - 20	3190	2840	350
20 - 30	2880	2660	220
30 - 40	2430	2435	-5
40 - 50	2240	2240	-

Aceasta se datorează levigării unor elemente chimice, plantele consumând substanțe nutritive din rezerva naturală a solului, ceea ce are consecințe nefavorabile asupra structurii și permeabilității iar microorganismele aerobe nu se înmulțesc normal. Se apreciază că într-un an se pierd prin levigare 25 kg/ha azot, 50 kg/ha calciu, 30 kg/ha magneziu etc (tab. 5.73). Aplicând îngrășăminte se completează rezerva de substanțe nutritive din sol, îmbunătățindu-se totodată și alte însușiri ale solului (stabilitatea agregatelor, permeabilitatea, etc).

Tabelul 5.74

Influența irigării și a fertilizării asupra producției de porumb (q/ha) în perioada 1962 - 1977 (după Gh. Sipoș și colab., 1978)

Localitatea și județul	Nefertilizat			Fertilizat		
	Neirigat	Irigat la 50% IUA	Spor obținut prin irigare	Neirigat	Irigat la 50% IUA	Spor obținut prin irigare
Fundulea - Ilfov	45,3	64,3	19,0	59,9	98,9	39,0
Valul lui Traian - Constanța	49,0	74,6	25,6	58,0	105,4	47,1
Mărculești - Călărași	46,3	75,6	29,3	50,3	104,0	53,7
Albota - Argeș	28,3	36,5	8,2	66,5	90,7	24,2
Șimnic - Dolj	55,5	59,6	4,1	65,3	76,0	10,7
Media	44,9	62,1	17,2	60,0	95,0	34,9

Între apa de irigare și îngrășăminte există o strânsă interdependență, căci la un conținut ridicat de apă al solului plantele nu dau recolte bune dacă nu se aplică îngrășăminte, iar îngrășămintele în doze mari nu sporesc recolta, dacă nu se asigură o umiditate corespunzătoare a solului. Îngrășămintele asociate cu irigarea determină obținerea unor sporuri de recoltă mai mari decât cele obținute pe teren neirigat. Rezultă deci, că la calcularea dozelor de îngrășăminte pentru culturile irigate trebuie să se țină seama nu numai de mărimea recoltei planificate, ci și de regimul de irigare ce se va aplica. Experiențele efectuate în diferite zone din țară arată că la porumb, efectul îngrășămintelor este amplificat prin irigare, după cum irigarea dă rezultate mai bune în prezența îngrășămintelor (tab. 5.74). Pe baza unor experiențe organizate la S.C.A. Podu-Iloaiei, jud. Iași, s-a constatat că prin cumularea celor doi factori de vegetație, apă și elemente nutritive, sporul mediu de recoltă obținut la câteva culturi de câmp (grâu, porumb, sfeclă pentru zahăr și soia) ajunge la 191 % iar sporul obținut când se acționează separat asupra celor doi factori de vegetație, nu depășește 87 %. Așadar, acționând simultan asupra celor

Scanned with OKEN Scanner

doi factori de vegetație se obțin sporuri de recoltă cu 104 % mai mari decât atunci când se intervine separat asupra acestora (tab. 5.75). *Mihăilă V.* și colab. (1999) arată că, în general, în zona de stepă din România la 1 kg de îngrășământ cu azot (substanță activă) se obține un spor mediu de recoltă de 9 kg boabe de porumb pe teren neirigat și 32,5 kg la cultura irigată. Pentru 1 kg P_2O_5, producția sporește cu 5 kg și respectiv 7 kg. Pe teren irigat sunt valorificate bine îngrășămintele și la grâu, sfeclă pentru zahăr, cartof (tab. 5.76). Prin irigare și fertilizare sporește și conținutul în ulei al semințelor de floarea soarelui precum și procentul de zahăr din rădăcinile de sfeclă (tab. 5.77).

Tabelul 5.75

Sporul de recoltă obținut prin irigare și fertilizare la câteva culturi agricole S.C.A. Podu Iloaiei, jud. Iași (1991-1998) (după *Ailincăi Despina*, 1998)

Cultura	Neirigat - nefertilizat		Irigat		Fertilizat		Irigat - fertilizat	
	kg/ha	Mcal/ha	kg/ha	Mcal/ha	kg/ha	Mcal/ha	kg/ha	Mcal/ha
Grâu de toamnă	2050	7864	3220	12352	3980	15267	5470	20983
Porumb	3530	13841	5100	19997	6770	26595	9090	35633
Soia	1200	5964	1580	7853	1700	8449	2480	12326
Sfeclă zahăr	19400	19012	23400	22932	37800	37044	49500	43610
Media (Mcal/ha)	-	11670	-	15783	-	21826	-	28138
Media (%)	-	100,0	-	135,2	-	187,0	-	291,1

Tabelul 5.76

Sporuri medii de producție obținute în zona de stepă din România prin aplicarea îngrășămintelor pe teren irigat și neirigat (după *Mihăilă V.* și colab., 1999)

Specia	(kg recoltă/kg s.a. N)				(kg recoltă/kg s.a. P_2O_5)			
	neirigat		irigat		neirigat		irigat	
	limite	media	limite	media	limite	media	limite	media
Grâu	10-12	11	20-25	22,5	6-8	7	8-10	9
Porumb	8-10	9	30-35	32,5	4-6	5	6-8	7
Sfeclă pt. zahăr	70-90	80	120-150	135	50-70	60	80-100	90
Cartof	40-60	50	60-80	70	30-40	35	40-50	45

Tabelul 5.77

Influența irigației și a îngrășămintelor asupra calității recoltei la floarea-soarelui și sfeclă pentru zahăr (după *Hulpoi N.* și colab., 1965)

Varianta	Nefertilizat		$N_{192}P_{96}K_{80}$		Nefertilizat		$N_{192}P_{96}K_{80}$	
	Ulei - semințe floarea soarelui				Zahăr - rădăcini sfeclă			
	% din semințe	kg/ha	% din semințe	Kg/ha	% din rădăcini	kg/ha	% din rădăcini	kg/ha
Neirigat	54,87	757	50,97	368	18,90	5100	18,40	5800
Irigat	61,46	1819	60,44	2300	18,60	9200	18,25	11900

Scanned with OKEN Scanner

Când nu se aplică îngrăşăminte, plantele consumă substanţe nutritive din rezerva naturală a solului, ceea ce are consecinţe nefavorabile asupra structurii şi permeabilităţii solului iar microorganismele aerobe nu se înmulţesc normal şi recolta scade. Dacă la însămânţarea culturilor se folosesc soiuri ameliorate, capabile să valorifice apa şi îngrăşămintele, se obţin recolte şi mai mari.

Îngrăşămintele organice. Într-un sol irigat, datorită umidităţii favorabile, activitatea microorganismelor este intensificată şi procesul de mineralizare a humusului se desfăşoară într-un ritm accelerat, în majoritatea cazurilor depăşind ritmul de formare a lui din resturile vegetale. De aceea, pe teren irigat conţinutul în humus este mai scăzut faţă de cel existent pe teren neirigat iar prin fertilizare conţinutul de humus sporeşte. Substanţa organică contribuie la ameliorarea însuşirilor fizice ale solului, ca purtătoare de elemente nutritive şi sursă de energie pentru microorganisme.

Gunoiul de grajd. Întrucât pe solurile irigate descompunerea substanţei organice are loc mai rapid, efectul gunoiului de grajd se resimte o perioadă mai scurtă de timp, în medie trei ani. Consumul aproximativ de substanţe nutritive, exprimat în procente, eşalonat pe ani este de 50 %, 40 % şi respectiv de 10 %. Ţinând cont de consumul mare de substanţe nutritive pe terenurile irigate, gunoiul de grajd se dă în cantitate mai mare, aproximativ 30 - 40 t/ha şi la intervale de timp mai scurte decât pe terenurile neirigate (2 - 3 ani). Pe sol aluvial carbonatat, în lunca Siretului-Paşcani, jud. Iaşi, irigarea şi fertilizarea cu 40 t/ha gunoi de grajd a sporit recolta la cartof cu 55 % (*Popescu Ch.* şi colab., 1986). În Câmpia Caracal, pe un cernoziom argilo-iluvial, gunoiul de grajd, nămolul porcin şi compostul au sporit recolta de boabe la porumb şi conţinutul lor în proteină, direct proporţional cu doza de îngrăşământ folosită (5.78). Rezultă că îngrăşămintele organice au îmbunătăţit şi calitatea recoltei. Gunoiul de grajd dă rezultate şi mai bune când se administrează împreună cu îngrăşăminte minerale. Cercetări efectuate la Fundulea au demonstrat că gunoiul de grajd aplicat singur sau asociat cu îngrăşăminte minerale poate dubla recolta la sfecla pt. zahăr şi cartof şi sporeşte mult recolta la porumb, grâu, trifoi şi la alte culturi (tab. 5.79). Cercetările întreprinse în ţara noastră au dus la concluzia că pe solurile irigate eficacitatea gunoiului de grajd proaspăt este tot atât de mare ca şi a celui fermentat. Ţinând cont de faptul că gunoiul de grajd nefermentat are un conţinut în apă aproximativ de două ori mai mare decât cel fermentat, rezultă că aceeaşi doză de substanţă uscată din gunoiul nefermentat are o eficacitate mai mare decât gunoiul fermentat. Aceasta se datorează faptului că gunoiul nefermentat conţine toate elementele nutritive şi toată energia materialului din care a provenit. Dar descompunerea gunoiului de grajd în sol prezintă şi unele neajunsuri, căci microorganismele din sol care descompun substanţa organică au nevoie de azot şi cum substanţele proteice din gunoi se descompun mai încet, ele iau azotul necesar din soluţia solului, unde îl găsesc sub formă de nitraţi. În acest fel, o parte însemnată din azotul din sol este imobilizat în corpul microorganismelor pentru scurt timp şi solul apare mai sărac în azot solubil. După moartea microorganismelor, substanţele proteice din corpul lor sunt descompuse de alte categorii de microorganisme şi azotul este redat sub formă

Scanned with OKEN Scanner

accesibilă plantelor. Rezultă că odată cu gunoiul de grajd nefermentat trebuie să se introducă în sol şi îngrăşăminte minerale azotate, uşor solubile, care să suplinească azotul din sol imobilizat temporar de microorganisme. Această precauţie este necesară mai ales când gunoiul de grajd nefermentat se încorporează în preajma semănatului, cum este cazul la grâul de toamnă. Folosirea gunoiului de grajd nefermentat este mai economică şi pentru că nu mai trebuie pregătit în platformă, fiind utilizat pe măsură ce se produce. Tot ca îngrăşământ organic poate fi folosit şi nămolul de la staţiile de epurare ale crescătoriilor de animale (*Ionescu-Siseşti Vl.*, 1982) sau ale apelor uzate orăşeneşti (*Popescu Ch.*, 1996).

Tabelul 5.78

Influenţa îngrăşămintelor organice asupra recoltei la porumbul irigat în Câmpia Caracal (după *Ionescu Şt.* şi colab., 1988)

Doza de îngrăşământ (t/ha)	Gunoi de grajd			Nămol porcin			Compost		
	Porumb boabe			Porumb boabe			Porumb boabe		
	q/ha	Amidon (%)	Proteine (%)	q/ha	Amidon (%)	Proteine (%)	q/ha	Amidon (%)	Proteine (%)
2,5	58,7	69,04	6,87	61,8	69,83	6,63	63,5	69,20	6,56
5,0	65,3	68,09	7,95	65,8	68,38	7,28	69,8	67,55	7,70
10,0	77,2	67,01	9,14	76,2	66,72	8,28	85,2	66,75	9,07
20,0	84,4	65,57	10,53	83,6	66,31	9,81	96,8	65,73	10,33

Resturile vegetale. În agricultura irigată se pot cultiva suprafeţe întinse cu porumb şi grâu. Tulpinile rămase de la aceste plante, care nu sunt folosite în hrana animalelor sau ca aşternut, pot fi folosite ca îngrăşăminte organice. Ele conţin însemnate cantităţi de celuloză, dar sunt sărace în substanţe proteice. Raportul *C/N* are valori de circa 60 la cocenii de porumb şi de 80 la paiele de grâu. Pentru ca microorganismele din sol să descompună aceste resturi vegetale, au nevoie de azot şi de aceea trebuie să se aplice şi în acest caz îngrăşăminte azotate. Necesitatea aplicării îngrăşămintelor azotate este mai mare la tulpinile de grâu şi porumb decât la gunoiul nefermentat, deoarece acestea conţin mai puţine substanţe proteice. Descompunerea tulpinilor durează o perioadă mai lungă de timp şi în absenţa îngrăşămintelor azotate este imobilizat azotul din sol şi plantele suferă. Din această cauză, în primul an după aplicarea acestor resturi vegetale, fără îngrăşăminte cu azot, producţia poate să scadă sub nivelul martorului neîngrăşat, sporuri de recoltă obţinându-se în anii următori. Unele cercetări arată că în prima etapă a descompunerii lor, paiele elimină în sol substanţe inhibitoare pentru creşterea plantelor şi activitatea microorganismelor. După descompunere ele stimulează însă dezvoltarea plantelor. Resturile vegetale menţin solul afânat şi aceasta prezintă importanţă pe solurile irigate care se tasează în urma aplicării udărilor.

Cercetări efectuate la Fundulea au dovedit că resturile vegetale asociate cu îngrăşăminte minerale au sporit producţia în special la sfecla pt. zahăr, cartof şi porumb (tab. 5.79). Rezultă deci că tulpinile de grâu şi porumb sunt bune ca îngrăşământ şi se pot lăsa pe teren la recoltare.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.79

Influența fertilizării organice și chimice îndelungate asupra producției unor culturi încadrate într-o rotație de 8 ani, în condiții de irigare la Fundulea (1972-1977) (după *Sipoș Gh.* și colab., 1978)

Fertilizare		Grâu		Orz		Porumb		Sfeclă zahăr		Cartof		Floarea soarelui		Soia		Trifoi	
		q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%
-	-	27,2	100	42,7	100	65,2	100	367,0	100	234,0	100	29,3	100	30,3	100	618	100
-	N	38,8	143	45,9	107	86,8	133	414,0	113	376,0	161	26,1	89	28,5	94	578	94
-	NP	57,7	212	61,9	145	104,9	161	717,0	195	485,0	207	31,4	107	29,8	98	784	127
-	NPK	57,7	212	62,3	146	103,7	159	752,0	205	468,0	200	31,6	108	30,2	100	829	134
Media		**51,4**	**189**	**56,7**	**133**	**98,5**	**151**	**627,7**	**171**	**443,0**	**189**	**29,7**	**101**	**29,5**	**97**	**730**	**116**
Resturi organice (paie, coceni)	-	35,6	131	43,6	102	76,0	117	577,0	157	389,0	124	27,4	94	30,6	101	704	114
	N	45,7	168	58,6	137	90,9	139	495,0	135	419,0	179	31,4	107	29,2	96	624	101
	NP	54,8	201	56,2	132	99,5	153	729,0	199	482,0	206	32,6	111	28,9	95	805	130
	NPK	55,8	205	62,0	145	105,4	162	742,0	202	484,0	207	32,6	111	29,3	97	677	110
Media		**52,1**	**191**	**58,9**	**138**	**98,6**	**151**	**655,3**	**177**	**461,0**	**197**	**32,2**	**110**	**29,1**	**96**	**702**	**114**
Gunoi de grajd	-	51,2	188	63,6	149	89,2	137	731,0	199	257,0	253	31,7	108	30,4	100	764	124
	N	52,2	192	58,0	136	100,7	154	783,0	213	486,0	208	30,1	103	29,7	98	809	131
	NP	51,6	190	54,5	128	99,7	152	786,0	214	513,0	219	33,1	113	30,1	99	842	136
	NPK	53,6	197	49,5	116	105,5	161	771,0	210	508,0	217	33,6	115	30,2	100	884	143
Media		**52,5**	**193**	**54,0**	**127**	**101,8**	**156**	**780,0**	**212**	**502,0**	**215**	**32,3**	**110**	**30,0**	**99**	**845**	**137**

Pentru ca resturile vegetale să fie eficace, ele trebuie tocate. La grâu se pot toca paiele chiar în timpul recoltării, prin adaptarea unei tocători simple la spatele combinei. Folosirea tulpinilor de grâu sau porumb ca îngrășământ se face numai după ce în ferma agricolă s-a asigurat necesarul de furaj și așternut pentru animale.

Se pot folosi ca îngrășământ și alte resturi vegetale, cum ar fi: tulpini de floarea soarelui, vreji de cartofi, resturi de tulpini de fasole sau mazăre, rămase de la hrănirea animalelor. Resturile vegetale infectate de boli criptogamice sau insecte dăunătoare trebuie în prealabil dezinfectate, apoi tocate uniform, împrăștiate și introduse sub brazdă odată cu arătura de toamnă sau transformate în compost. Dacă sunt bine mărunțite, aceste resturi nu împiedică efectuarea unei arături de bună calitate. Cantitatea de resturi vegetale ce se încorporează în sol este de 5 - 10 t/ha, în funcție de gradul de tasare a solului și de cantitățile de materiale disponibile în fermă. Împreună cu resturile vegetale se distribuie cianamidă de calciu, uree sau azotat de amoniu în cantitate de 50 - 100 kg/ha substanță activă.

Îngrășămintele verzi. Pe terenuri irigate se pot cultiva plante pentru îngrășământ verde, fiind posibilă asigurarea unei umidități suficiente în tot cursul perioadei de vegetație. Se folosesc pentru aceasta specii care dau rezultate bune în condițiile pedoclimatice din zona respectivă. Plantele sunt cultivate în mirișe sau în cultură ascunsă și prin încorporare, în sol rămân cantități însemnate de substanță organică (tab. 5.80). Culturile pentru îngrășământ verde, necesită îngrășăminte minerale, menținerea terenului curat de buruieni și aplicarea irigației. Încorporarea în sol trebuie făcută înainte de fructificare, odată cu arătura adâncă.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.80

Plantele folosite ca îngrăşământ verde în diferite condiţii pedoclimatice (după *Davidescu D.*, 1994)

Zona climatică	Soluri			
	Nisipoase	Lutoase	Argiloase	Sărături
Foarte favorabilă	- lupin galben - trifoi incarnat - măzăriche păroasă - sulfină albă - seradela	- lupin galben - lupin albastru - lupin peren - lupin alb - sulfină albă - latir - trifoi mărunt - hrişcă - secară	- lupin albastru - lupin alb - lupin peren - trifoi mărunt - măzăriche - rapiţă colza	-
Favorabilă	- lupin galben - sulfină albă	- rapiţă - floarea-soarelui - lintea pratului - muştar	- lintea pratului (latir) - mazăre - rapiţă	- lupin cu floarea roşie - lupin alb - sulfină
În regim irigat	- măzăriche păroasă - trifoi incarnat	- lintea pratului (latir) - sulfină	- lintea pratului - fasolică - măzăriche	- hrişcă - fl. soarelui - măzăriche păroasă

Tabelul 5.81

Conţinutul mediu şi valorile mobilităţii unor elemente în solurile din patru provincii geochimice din sudul României (după *Teaci D.* şi colab., 1985)

Element	Formă*	Bărăgan	Dobrogea	Platforma Cotmeana	Piemontul Getic Olt - Jiu
P (P_2O_5)	total	0,142	0,133	0,101	0,097
	mobil	28	24	16	14
K	total	1,62	1,27	0,97	1,11
	mobil	129	142	59	67
Ca	total	7,6	4,6	3,8	1,8
Mg	total	1,7	1,4	0,6	0,4
B	total	44,22	48,69	36,71	34,91
	mobil	1,06	0,97	0,21	0,24
Co	total	6,62	7,45	3,67	4,78
	mobil	0,85	1,17	0,62	0,59
Cu	total	21,44	24,92	15,06	16,15
	mobil	1,47	1,22	2,31	1,81
Zn	total	65	62	61	54,2
	mobil	4,22	3,64	4,6	3,7
Mn	total	834	706	1284	712
	mobil	91	46	99	59

* - P, K, Ca şi Mg totale sunt exprimate în procente iar celelalte date în ppm.

Scanned with OKEN Scanner

Îngrăşămintele minerale. În solurile irigate, circulaţia sărurilor solubile este mai accentuată datorită intensificării proceselor microbiologice şi capacităţii de dizolvare şi levigare a apei de irigare. Pentru buna aprovizionare a plantelor cu substanţe nutritive uşor accesibile, prezintă importanţă deosebită îngrăşămintele minerale. Prin adoptarea judicioasă a proporţiei între azot, fosfor şi alte elemente nutritive se poate majora producţia culturilor irigate. Întinsele suprafeţe de terenuri irigate din sudul ţării au un conţinut moderat în fosfor, potasiu şi unele microelemente (tab. 5.81) şi îngrăşămintele sporesc evident recolta.

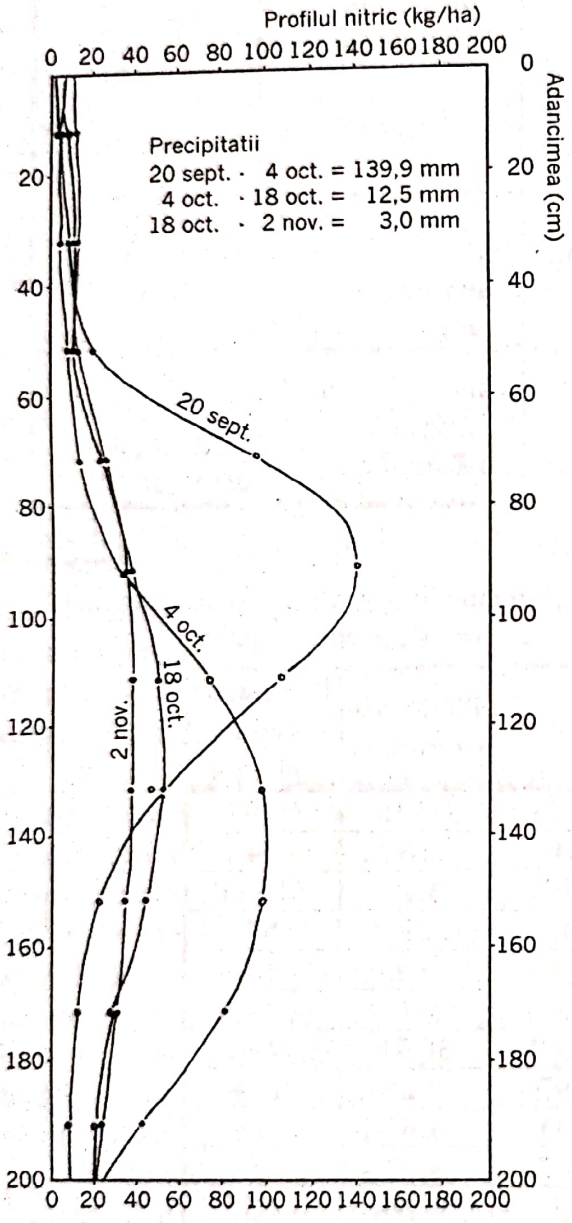


Fig. 5.29 Migrarea azotului (după *Libois A.*)
Îngrăşământul s-a aplicat pe data de 30 VIII în doză de 250 kg/ha.

Îngrăşămintele cu azot. Rezerva de nitraţi din sol depinde de procesul de nitrificare, determinat de bacteriile nitrificatoare, care au nevoie de un mediu cald, umed şi aerat. Umiditatea optimă pentru desfăşurarea procesului de nitrificare este cuprinsă între 50 şi 70 % din capacitatea de câmp a solului. La umiditate scăzută procesul de nitrificare este stânjenit iar îndepărtarea aerului din sol, care se produce odată cu udarea, creează condiţii anaerobe şi nitrificarea este întreruptă pentru o perioadă de timp. Odată cu infiltrarea apei din precipitaţii sau a celei de irigare, în straturile mai adânci se spală în special nitraţii existenţi în soluţia solului, după cum se poate vedea în tabelul 5.82 şi figura 5.29. Rezerva de nitraţi se poate micşora şi datorită denitrificării. Acest proces are loc pe solurile irigate abundent şi fertilizate masiv cu îngrăşăminte organice nefermentate, deoarece bacteriile denitrificatoare extrag oxigenul din nitraţi cu care oxidează substanţa organică hidrocarbonată, pentru a-şi procura energia necesară corpului lor. Astfel are loc reducerea nitraţilor în nitriţi şi a nitriţilor în amoniac şi azot liber, care se pierde în atmosferă. Pentru a evita denitrificarea se recomandă ca după încorporarea îngrăşămintelor organice nefermentate, solul să se menţină într-o bună stare de afânare şi să nu se aplice udări prea frecvente, deoarece acestea produc tasarea solului şi creează condiţii anaerobe. Din

Scanned with OKEN Scanner

aceste motive, îngrăşămintele minerale cu azot prezintă importanţă deosebită pe terenurile irigate, determinând însemnate sporuri de recoltă la diferite culturi. Doza potrivită este de 80 - 160 kg/ha substanţă activă. Nu se recomandă doze mari de îngrăşăminte cu azot căci se produc pierderi prin levigare (tab. 5.82). Rezultate foarte bune se obţin la aplicarea îngrăşămintelor azotate împreună cu cele fosfatice. În situaţia aplicării unor norme de udare prea mari, o parte din îngrăşămintele cu azot pot fi levigate, poluând apa freatică. Astfel, la Fundulea, jud. Ilfov, în condiţii de irigare conţinutul în nitraţi al apelor freatice a ajuns la 38,8 - 41,8 mg NO_3/l, pe când în neirigat acesta era de numai 24,9 - 25,9 mg NO_3/l. Se obţin rezultate bune la aplicarea fracţionată a îngrăşămintelor cu azot în 2 - 3 epoci (tab. 5.83).

Tabelul 5.82

Pierderile de azot prin levigare în experienţe cu lizimetre
(după *Păltineanu Rodica*, 1973)

Cultura	Anul	Apă percolată (l/bazin)	N-NO_3 levigat (g)
Grâu	1970	230,5	11,1
	1971	287,4	22,9
Porumb	1970	61,3	3,6
	1971	99,2	14,9

Tabelul 5.83

Influenţa epocii de aplicare a îngrăşămintelor cu azot asupra conţinutului solului în nitraţi şi producţiei de porumb pe teren irigat la Fundulea (după *Tianu A.*, 1984)

Epoca şi doza aplicată			Nitraţi în sol (ppm NO_3)					Producţia	
La semănat	4 frunze	8 frunze	26 IV	16 V	8 VI	11 VII	3 VIII	q/ha	%
180	-	-	46,5	51,1	46,6	7,7	11,2	108,7	100,0
30	150	-	40,0	43,0	75,5	46,5	38,1	113,5	104,4
30	75	75	39,2	44,7	48,2	56,5	52,5	118,3	108,8

Îngrăşămintele cu fosfor. Solurile din ţara noastră sunt formate, în majoritate, pe roci sărace în fosfor (loess, marnă ş.a.). O mare parte din fosforul din sol se găseşte sub formă de compuşi organici în humus şi sub formă de săruri minerale insolubile. Prin activitatea microorganismelor, fosforul din compuşii organici se mineralizează şi devine accesibil pentru plante. Aceste microorganisme activează bine într-un mediu aerat, umed şi cald. Mobilizarea fosforului din compuşii greu solubili se face cu ajutorul apei încărcate cu bioxid de carbon, care dizolvă o parte din fosfaţi, transformându-i în compuşi uşor accesibili. În general, mobilitatea fosforului în sol este mai mică decât a azotului şi numai cantităţi mici din fosforul organic sunt spălate odată cu dispersia coloidală a humusului. Ţinând seama că rezerva de fosfor din sol nu se reface cu uşurinţă, că însemnate cantităţi de fosfor sunt extrase de plante şi îndepărtate odată cu recolta, rezultă că solul suferă o sărăcire treptată în fosfor asimilabil. Pe terenuri irigate, scăderea conţinutului în

Scanned with OKEN Scanner

fosfor al solului este mai accentuată datorită recoltelor mari care se obțin. Trecerea în soluție a fosforului din compușii minerali se face într-un ritm mai rapid datorită umidității mai mari a solului, iar mineralizarea fosforului organic are loc, de asemenea, mai intens. De aceea, pe solurile irigate este necesar să se aplice și îngrășăminte fosfatice în afara celor organice și cu azot.

Folosirea unilaterală a îngrășămintelor fosfatice este nerațională, motiv pentru care acestea trebuie aplicate împreună cu cele organice și azotate. Din experiențele efectuate în diferite zone ale țării se constată că raportul dintre azot și fosfor la aplicarea îngrășămintelor, variază în funcție de planta cultivată și tipul de sol. Excesul de fosfor poate diminua recolta, deoarece fixează unele microelemente, cum ar fi zincul, sub formă de compuși inaccesibili.

Îngrășămintele cu potasiu. În general, pe terenurile amenajate pentru irigație din țara noastră, solurile sunt bine aprovizionate cu potasiu. Datorită dezvoltării mai viguroase a plantelor precum și a pierderilor produse prin levigare, pe terenurile irigate se înregistrează un consum mai mare de potasiu. De aceea, trebuie aplicate îngrășăminte potasice, în special la plantele tehnice și la unele culturi furajere, cum ar fi porumbul pentru siloz. În condițiile pedoclimatice de la Fundulea, îngrășămintele cu *NPK* au determinat dublarea producției la sfeclă, cartof și grâu și obținerea de sporuri importante la alte culturi (tab. 5.79).

Pe lângă îngrășămintele cu azot, fosfor și potasiu, se obțin rezultate bune la aplicarea microelementelor. La S.C.A. Mărculești, jud. Călărași, cuprul și borul au contribuit la sporirea recoltei la floarea soarelui cu 2,7 - 2,9 q/ha (tab. 5.84).

Tabelul 5.84

Influența îngrășămintelor minerale asupra producției de floarea soarelui la S.C.A. Mărculești (1977 - 1983) (după *Vasiuc I.* și colab., 1984)

Varianta	Producția		Diferența	
	q/ha	%		
Nefertilizat	21,7	100,0	-	-
N_{80}	24,2	111,5	Mt	-
$N_{80}P_{50}$	28,2	130,0	4,0	Mt
$N_{80}P_{50}$ + zinc	30,5	140,6	6,3	2,3
$N_{80}P_{50}$ + cupru	31,1	143,3	6,9	2,9
$N_{80}P_{50}$ + bor	30,9	142,4	6,7	2,7
$N_{80}P_{50}$ + molibden	30,6	141,0	6,4	2,4

Aplicarea îngrășămintelor pe terenurile irigate. În agricultura irigată îngrășămintele organice se aplică o dată la 2 - 3 ani. Este necesar să se țină seama de planta premergătoare, care înlesnește sau nu aplicarea în bune condiții a îngrășămintelor, odată cu pregătirea solului. Spre exemplu, grâul de toamnă, ca premergătoare pentru porumb, permite aplicarea îngrășămintelor verzi, a paielor tocate sau a gunoiului de grajd odată cu arătura de toamnă. Îngrășămintele minerale se pot aplica în trei reprize: concomitent cu arătura de bază, la semănat și în timpul vegetației. Aplicarea lor în mai multe etape mărește prețul de cost al lucrării dar

Scanned with OKEN Scanner

asigură în schimb o fertilizare mai uniformă a solului, plantele valorifică mai bine îngrăşămintele şi implicit sporurile de recoltă vor fi mai mari iar levigarea mai redusă.

Arătura de bază se face, în general, toamna şi odată cu ea se aplică şi majoritatea îngrăşămintelor. Se aplică din toamnă întreaga cantitate de îngrăşăminte organice, îngrăşămintele minerale fosfatice şi cele potasice. Îngrăşămintele minerale cu azot se aplică în mod diferenţiat, ţinând seama de cerinţele plantelor şi de solubilitatea îngrăşământului folosit. Pentru culturile de toamnă este bine ca îngrăşămintele cu azot să se aplice parţial toamna şi restul primăvara. La culturile de primăvară aceste îngrăşăminte se pot aplica integral primăvara. Când se aplică udări de aprovizionare îngrăşămintele azotate trebuie administrate în întregime primăvara. În zonele cu ierni blânde şi bogate în precipitaţii, aceste îngrăşăminte se aplică, de asemenea, primăvara.

Având rădăcini mici, plantele tinere asimilează greu elementele nutritive iar rezervele de hrană din sămânţă se epuizează repede. Prin aplicarea unor cantităţi mici de îngrăşăminte uşor solubile în apropierea imediată a semînţelor se îmbunătăţeşte mult nutriţia plantelor. Este bine ca îngrăşămintele cu fosfor să se aplice concomitent cu semănatul în rânduri, sub sămânţă sau lateral, aşa cum le distribuie semănătorile de precizie. La acest tip de fertilizare, numită *localizată*, se folosesc îngrăşăminte fosfatice granulate, circa 100 kg/ha şi cantităţi mai mici din cele azotate şi potasice. Îngrăşămintele azotate se pot distribui pe toată suprafaţa terenului odată cu ultimele lucrări ale solului, care se fac înainte de semănat sau în timpul semănatului.

În agricultura irigată, aplicarea unor cantităţi suplimentare de îngrăşăminte devine necesară din cauza udărilor administrate în timpul vegetaţiei. Aceste udări întrerup procesul de nitrificare şi fac ca plantele să sufere datorită insuficienţei azotului. La aplicarea îngrăşămintelor în timpul perioadei de vegetaţie trebuie să se stabilească momentul fertilizării, tipul îngrăşământului, tehnica de administrare, metoda de udare, etc. În mod obişnuit se aplică în timpul vegetaţiei una sau două fertilizări suplimentare şi numai excepţional trei. Aplicarea îngrăşămintelor suplimentare nu trebuie să depăşească faza înfloritului la cereale sau faza de îngroşare a rădăcinilor la sfeclă, întârzierea reducând mult eficacitatea acestora. Dintre îngrăşăminte, cele azotate prezintă cea mai mare importanţă dar pentru ca îngrăşarea să nu fie unilaterală şi să nu provoace dezechilibre în nutriţia plantelor este necesar să se adauge îngrăşăminte fosfatice iar pentru plantele tehnice şi îngrăşăminte potasice. Cantitatea de îngrăşăminte ce se aplică, în general, la o îngrăşare suplimentară este de circa 20 - 30 kg/ha substanţă activă din fiecare tip de îngrăşământ.

Îngrăşămintele suplimentare pot fi administrate în stare solidă, prin împrăştiere la suprafaţa solului sau dizolvate, odată cu apa de irigare. La culturile prăşitoare, îngrăşămintele distribuite la suprafaţă se încorporează în sol odată cu lucrările de întreţinere. Pe terenurile irigate, împrăştierea îngrăşămintelor este bine să se facă înainte de udare, pentru ca apa de irigaţie să le solubilizeze, astfel încât eficacitatea acestora să crească. Apa amoniacală aplicată odată cu irigarea pe un sol nisipos la

Scanned with OKEN Scanner

Dăbuleni, jud. Dolj, a avut ca efect creşterea mai accentuată a producţiei la porumb şi floarea-soarelui decât în situaţia aplicării îngrăşămintelor în stare solidă. Metoda de udare prin aspersiune permite aplicarea îngrăşămintelor concomitent cu apa de irigaţie, fiind avantajoasă şi indicată în special pentru culturile care reacţionează favorabil la fertilizarea extraradiculară, cum ar fi sfecla pentru zahăr.

Irigarea cu ape reziduale se poate aplica în tot cursul anului, pe măsură ce scade conţinutul în apă al solului. Dacă conţinutul în azot al acestor ape depăşeşte 150 g/m^3 ele trebuie diluate cu apă curată. Irigarea îndelungată cu ape reziduale poate duce la acumularea în stratul arabil a unor cantităţi prea mari de cupru, zinc, etc şi fertilitatea solului scade.

5.3.3.3 Lucrările solului. Lucrările ce se aplică solului pe terenul irigat depind de succesiunea plantelor, sistemul de îngrăşare şi în special de regimul de irigaţie adoptat. Arătura adâncă, mărind capacitatea de înmagazinare a apei, prezintă importanţă deosebită pentru terenurile irigate. La Valul lui Traian, jud. Constanţa, pe teren irigat, arătura normală a asigurat cele mai mari producţii la cultura grâului, pe locul doi situându-se, din acest punct de vedere, lucrarea solului cu cizelul (*Nicolaescu M.* şi colab., 1994). Pe solurile arate adânc, cu permeabilitate bună, excesul de săruri se spală mai uşor din orizontul A, evitându-se apariţia fenomenului de salinizare secundară. Îmbunătăţind permeabilitatea solului, prin arătura adâncă, se stimulează activitatea microbiologică din sol şi sporeşte conţinutul în substanţe nutritive solubile. În zona de silvostepă, pe soluri cu textura fină, se obţin sporuri de recoltă când adâncimea arăturii este de 25 - 28 cm. De asemenea, pe soluri aluviale cu textură luto-argiloasă este bine să se execute arături adânci. Pe soluri cu strat arabil subţire, cum sunt solurile bălane sau cele salinizate cu procese de soloneţizare, arăturile adânci devin dăunătoare, căci scot la suprafaţă stratul nefertil. Pe aceste soluri se execută arături ceva mai superficiale, la 15 - 25 cm, dar cu scormonirea fundului brazdei la 10 - 15 cm adâncime. Pe terenuri argiloase, adâncimea arăturii trebuie modificată de la an la an pentru a evita formarea hardpanului care împiedică infiltrarea apei şi dezvoltarea rădăcinilor. Adâncimea de executare a arăturii depinde şi de specia cultivată. Astfel, porumbul, sfecla, cartoful, lucerna, trifoiul etc, dau rezultate bune în condiţiile afânării solului la 20 - 30 cm, în timp ce pentru alte culturi este suficientă efectuarea arăturii la adâncimea de 15 - 20 cm (tab. 5.85).

În general, arăturile se execută bine atunci când umiditatea solului corespunde pătrimii superioare a intervalului umidităţii active. În regiunile secetoase, umiditatea potrivită a solului se asigură printr-o udare aplicată după recoltarea culturii premergătoare sau înainte de recoltare.

În agricultura irigată plantele părăsesc, de regulă, terenul toamna întrucât după culturile care se recoltează în timpul verii se însămânţează culturi în mirişte. De aceea, arătura adâncă se face de obicei toamna iar vara se execută o arătură la 15 - 20 cm, înainte de semănat sau se lucrează terenul numai cu grapa cu discuri. La I.C.C.P.T. Fundulea, culturile succesive de porumb, soia şi fasole, însămânţate după orz, au dat recolte bune şi pe terenul lucrat numai cu discul şi grapa (tab. 5.86). Efectul arăturii depinde nu numai de adâncimea şi epoca când se execută, ci şi de calitatea ei.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.85

Influența lucrărilor de bază ale solului asupra producției unor culturi (q/ha) pe cernoziom irigat la Fundulea, jud. Ilfov (1965 - 1978) (după *Picu I.*, 1979)

Lucrări de bază	Nefertilizat	Fertilizat * N + P	Nefertilizat	Fertilizat * N + P
	Grâu după soia		Porumb după grâu	
Discuit	28,4	48,1	61,7	94,3
Arat la 20-25 cm	30,5	48,8	64,2	94,2
Arat la 30-35 cm	31,1	48,6	64,1	93,4
	Soia după porumb		Sfeclă după porumb	
Discuit	26,2	26,2	335,0	627,0
Arat la 20-25 cm	27,0	27,0	381,0	672,0
Arat la 30-35 cm	27,6	27,9	376,0	655,0

* grâu - $N_{120}P_{60}$; porumb - $N_{160}P_{80}$; soia - $N_{60}P_{60}$; sfeclă - $N_{180}P_{80}$.

Tabelul 5.86

Influența lucrărilor solului asupra producției de porumb, soia și fasole în cultură succesivă după orz la Fundulea, jud. Ilfov (1979 - 1981) (după *Picu I.*, 1982)

Lucrările solului	Porumb		Soia		Fasole	
	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%
Arat + discuit + grăpat	58,8	100,0	21,1	100,0	23,5	100,0
Cizel + disc + grapă	60,2	102,4	20,3	96,2	21,4	91,1
Disc + grapă	60,3	102,6	19,3	91,5	19,2	81,7
Semănat în mirişte	62,0	105,4	19,3	91,5	17,1	72,8

Pe terenuri irigate se recomandă ca arătura de toamnă să fie grăpată imediat, pentru că în acest fel se înlesneşte desfăşurarea normală a proceselor microbiologice din sol şi se pot începe mai devreme lucrările de primăvară. Grăparea se face concomitent cu aratul sau dacă rămân bolovani, se poate folosi după arat, grapa cu discuri. La Urleasca, jud. Brăila, s-a experimentat un sistem de lucrări minime ale solului pe teren irigat, într-un asolament de patru ani, renunțându-se la arătura adâncă efectuată an de an şi înlocuind-o un an cu discuirea şi lucrarea solului cu combinatorul. Față de tehnologia clasică s-a realizat o reducere a consumului de carburanți cu 29 %, a forței de muncă cu 31 %, a trecerilor pe sol cu 37 % iar producția obținută a sporit cu 6 % şi beneficiul cu 145 % (*Lăzăroiu A.*, 1994).

Pe terenurile irigate prezintă importanță deosebită gradul de nivelare a solului, deoarece numai astfel se poate realiza o distribuire mai uniformă a apei, precum şi însămânțarea şi recoltarea mecanizată. Dacă prin nivelare se înlătură o parte din orizontul A, fertilitatea scade şi trebuie să se aplice neapărat îngrăşăminte organice şi minerale în doze mari. Pentru ca apa provenită din precipitații să nu bălteasca la suprafața arăturii, întârziind executarea lucrărilor de primăvară, se recomandă să se tragă cu plugul câteva brazde sau să se deschidă nişte şanțuri care să permită scurgerea apei.

Scanned with OKEN Scanner

5.3.3.4 Însămânțarea și întreținerea culturilor. Pentru a se obține producții mari, pe terenurile irigate trebuie să se asigure o densitate optimă a culturilor. La o densitate prea mică sau prea mare plantele nu sunt capabile să folosească din plin factorii de vegetație pe care îi au la dispoziție, pentru a da producții ridicate. La o densitate potrivită a plantelor, suprafața lor foliară poate ajunge la 3 - 4 m^2 frunze pentru 1 m^2 teren și în acest caz pierderea apei din sol prin evaporație se reduce cu 10 - 30 %. Pe terenurile irigate, existând posibilitatea asigurării apei și elementelor nutritive, densitatea plantelor la unele culturi poate spori față de cele neirigate, diferențiat însă, după specie și soiul cultivat. Astfel, la floarea-soarelui, fasole, soia cultivată pentru boabe, porumb și altele, sporirea densității împiedică creșterea exagerată a părților vegetative și determină o fructificare mai bună și creșterea producției de boabe. În Dobrogea, la S.C.C.I. Valul lui Traian, sporirea desimii porumbului de la 60.000 la 100.000 plante/ha și asigurarea apei necesare, a sporit recolta cu 17,2 q/ha (tab. 5.87). La umiditate insuficientă producția scade la creșterea densității plantelor. La grâu, lucernă, sfeclă pentru zahăr și cartof însă sporirea densității împiedică plantele să crească normal și recolta scade.

Tabelul 5.87

Influența lucrărilor interacțiunii desime - irigare asupra producției hibridului de porumb Fundulea 420 în Dobrogea (1983 - 1985)
(după *Enciu M.*, 1986)

Regimul de irigare	Densitatea (plante/ha)	Producția		Diferența (q/ha)
		q/ha	%	
1 udare	60	69,9	100,0	Mt
	70	64,4	96,4	-5,5
	80	59,1	84,5	-10,8
	100	48,0	68,2	-21,9
	120	35,2	50,3	-34,7
2 udări	60	106,1	100,0	Mt
	70	109,1	102,8	3,0
	80	99,3	93,6	-6,8
	100	87,2	82,2	-18,9
	120	72,9	68,8	-36,2
Irigat la 70 % IUA	60	149,8	100,0	Mt
	70	162,3	108,4	12,5
	80	166,3	111,0	16,5
	100	167,0	111,5	17,2
	120	163,3	109,0	13,5

Pentru a obține recolte mari ar trebui să se realizeze și o distribuire uniformă a plantelor pe suprafața terenului. În agricultura irigată însă, solul se tasează mai mult și buruienile cresc mai repede iar mecanizarea lucrărilor de întreținere devine foarte necesară, pentru a reduce prețul de cost și pentru a asigura executarea lor fără întârziere. De aceea, pe terenurile irigate însămânțarea plantelor prășitoare se face în rânduri larg distanțate și dese pe rând. Distanța între rânduri depinde și de

Scanned with OKEN Scanner

metoda de udare, căci la irigarea pe brazde se lasă mai mare intervalul între rânduri, pentru a se putea deschide brazdele de udare. Grăparea şi praşilele se execută pe terenuri irigate la intervale mai scurte de timp şi la adâncimi mai mari decât pe terenuri neirigate, pentru a se menţine în permanenţă un strat de sol afânat care lasă să pătrundă mai bine aerul şi apa în adâncime. La culturile dese, folosind grapa cu colţi reglabili, se distruge crusta în primele faze de vegetaţie. Pentru a evita tasarea solului şi îmburuienarea lui, la culturile irigate se aplică, de cele mai multe ori, cu una-două praşile mai mult decât la cele neirigate. Praşilele trebuie să se continue şi în a doua jumătate a perioadei de vegetaţie ; în acest caz, ele se execută manual sau cu prăşitoarele cu tracţiune animală, pentru a evita ruperea plantelor.

Tot în timpul vegetaţiei se fac şi unele lucrări pregătitoare pentru irigare. Astfel, la irigarea prin scurgere la suprafaţă, reţeaua de udare se execută în cursul vegetaţiei. Deschiderea brazdelor se face atunci când plantele au 10 - 15 cm înălţime. Pentru aceasta se echipează cultivatorul cu corpuri de rariţă care deschid brazde, tăind şi acoperind în acelaşi timp buruienile. De aceea, lucrarea înlocuieşte o praşilă.

Imediat ce terenul s-a zvântat după udare, se face o lucrare de afânare cu ajutorul prăşitoarei. Odată cu executarea acestei praşile, uneori, terenul se nivelează şi pentru udarea următoare trebuie să se deschidă (corecteze) din nou brazdele de udare. Pentru a evita această lucrare, afânarea solului se face în aşa fel, încât să nu niveleze brazdele. Afânarea se face numai pe fundul brazdei sau se montează cuţitele cultivatorului astfel ca să nu strice taluzele brazdelor. Când plantele sunt mari şi umbresc solul, afânarea nu se mai poate, face dar buruienile nu se dezvoltă şi pierderile de apă prin evaporaţie sunt reduse. Când lucrările de afânare a solului se fac în lungul brazdelor se strică rigolele de irigaţie, care asigură legătura între canalele provizorii şi brazdele de udare. Din această cauză, rigolele se controlează şi se refac înaintea fiecărei udări. După recoltarea culturii respective, reţeaua de udare trebuie să rămână în stare de funcţionare, în scopul aplicării udărilor de aprovizionare pentru culturile care urmează.

Combaterea buruienilor pe terenuri irigate. Pe aceste terenuri, apa şi substanţele nutritive se găsesc în cantităţi optime, dezvoltându-se viguros nu numai plantele de cultură ci şi buruienile. Pierderile de recoltă datorită buruienilor sunt cuprinse între 10 şi 70 % la grâu, 30 - 95 % la porumb, 40 - 84 % la soia, 42 - 96 % la cartof şi sfeclă etc (*Şarpe N.*, 1987). Urmărindu-se cantitatea de apă consumată de către buruieni s-a constatat că, pe un teren îmburuienat volbura (*Convolvulus arvensis*), de exemplu, consumă în decurs de o lună 503 m^3/ha, adică echivalentul unei norme mijlocii de udare. Pentru a evita aceste pierderi de apă nu trebuie să se mărească norma de udare ci să se distrugă buruienile. Pe terenurile îmburuienate, bolile şi dăunătorii produc pagube mari iar în condiţii de irigare, plantele sunt mai sensibile şi suferă mai mult. Pe terenurile irigate se dezvoltă mult speciile de buruieni higrofile: iarba bărboasă (*Echinochloa crus-galli*, mohorul (*Setaria sp.*), măzărichea (*Vicia angustifolia*), măcrişul mic (*Rumex acetosella*), hrişca urcătoare (*Polygonum convolvulus*), ovăz sălbatic (*Avena fatua*) etc. Pe asemenea terenuri,

Scanned with OKEN Scanner

buruienile se răspândesc prin mijloace obişnuite dar şi prin intermediul apei de irigare. Aici, seminţele buruienilor îşi menţin viabilitatea un timp îndelungat. Astfel, seminţele de scaiete (*Xantium strumarium*), ţinute în apă, au o longevitate de 44 luni iar cele de susai (*Sonchus arvensis*) de 32 de luni etc. Mâlul din canalele de irigaţie conţine o cantitate mare de seminţe de buruieni şi de aceea, la curăţirea canalelor acesta nu trebuie aruncat pe terenul cultivat.

Pentru a evita îmburuienarea terenului, trebuie să se menţină canalele curate de buruieni. Îmburuienarea canalelor de irigaţie prezintă şi neajunsul că reduce debitul, prin micşorarea secţiunii canalului şi reducerea vitezei de curgere a apei, ca urmare a creşterii rugozităţii. Din această cauză este necesar să se prelungească durata udărilor sau să se reducă norma de udare. Urmărind răspândirea buruienilor prin apa de irigare s-a constatat că în apropierea canalelor densitatea acestora este mai mare şi cu cât ne depărtăm de canale numărul buruienilor la unitatea de suprafaţă scade. Fiecare metru cub de apă de irigaţie poate transporta în câmp până la 2.000 seminţe de buruieni. De aceea, un mijloc important de prevenire a îmburuienării pe terenurile irigate este curăţirea apei de irigare. În acest scop se montează dispozitive simple, cu ajutorul cărora stratul de apă de la suprafaţă, care transportă seminţe de buruieni, este dirijat spre reţeaua de evacuare. Seminţele de buruieni pot fi captate şi prin intermediul sitelor.

Pentru a preveni îmburuienarea canalelor se recomandă însămânţarea taluzelor cu ierburi de talie joasă, care formează un înveliş compact, împiedicând dezvoltarea buruienilor. Sunt potrivite amestecurile de graminee şi leguminoase : *Agrostis alba*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*. Taluzurile trebuie menţinute curate de buruieni prin cosiri repetate, astfel ca ele să nu fructifice. Se apreciază că apa ce trece printr-un canal necosit, îmburuienat, transportă în timp de 10 ore un număr de circa 10.280 seminţe de buruieni pe terenul de cultură. Buruienile de pe canale pot fi distruse manual sau cu ajutorul erbicidelor.

În culturile irigate se dezvoltă adesea, buruieni ce formează organe vegetative subterane, cum ar fi: şovarul (*Bolboschoemus maritimus*), stuful (*Phragmites communis*), papura (*Typha latifolia*) etc. Pentru combaterea lor se recomandă să se facă arături din toamnă, la adâncimea de 20 - 25 cm, pentru a scoate rizomii sau stolonii care vor fi distruşi de ger şi uscăciune. Pentru distrugerea buruienilor pe terenurile irigate se mai poate aplica o udare înainte de pregătirea terenului, cu scopul de a determina germinarea seminţelor de buruieni şi apoi prin arătură sau lucrare a solului cu polidiscul se distrug buruienele tinere. Acest mod de combatere a buruienilor se poate aplica cu succes pe terenurile unde se cultivă porumb, orez sau alte culturi care se însămânţează târziu. Erbicidele dau rezultate bune în combaterea buruienilor, datorită umidităţii ridicate a solului. La stabilirea dozei de erbicid trebuie să se ţină seama de specia cultivată şi de efectul remanent al erbicidului. Atrazinul aplicat în doză de 3, 4 sau 5 kg/ha la cultura porumbului a redus recolta la grâul cultivat după porumb cu 255 - 430 kg/ha pe cernoziom, 618 kg/ha pe sol brun roşcat de pădure şi cu 375 kg/ha pe podzol (*Şarpe N.* şi colab., 1965). Este necesar să se realizeze o alternare a erbicidelor, pentru a putea distruge

Scanned with OKEN Scanner

cât mai multe specii de buruieni, căci folosind o perioadă îndelungată de timp un singur erbicid se înmulțesc foarte mult speciile de buruieni rezistente la acesta. Pentru reușita acțiunii de combatere a buruienilor este bine să se amestece erbicidele cu îngrășăminte azotate sau alte substanțe activante sau să se amestece două erbicide în proporție potrivită. Tehnologia culturii plantelor trebuie adaptată erbicidului așa încât acesta să se poată aplica odată cu efectuarea altor lucrări. Se vor folosi cantități cât mai mici de substanță respectând tehnica de administrare a erbicidului respectiv și reducând pierderile prin volatilizare. Echipamentul de lucru trebuie să funcționeze în bune condițiuni și să fie bine reglat. În general, lucrările de combatere a buruienilor pe terenurile irigate trebuie să constituie în permanență o preocupare a fermierului.

Bibliografie

1. Ailincăi Despina, 1998 - *Cercetări privind influența irigației și a fertilizării asupra producției și eroziunii solului pe terenuri în pantă din Depresiunea Jijia - Bahlui*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi" Iași.
2. Alfani A., 1954 - *L'irrigazione a pioggia*, Edagricole, Bologna.
3. Berbecel O. și colab., 1971 - *Agrometeorologie*, Editura Ceres, București.
4. Blănaru V., 1991 - *Calitatea apei de irigat - o problemă actuală a agriculturii noastre*, Cereale și plante tehnice, nr. 7 - 8, București.
5. Blidaru V., 1969 - *Irigații și desecări*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
6. Blidaru V., 1997 - *Amenajări de irigații și desecări*, Editura Interprint, București.
7. Botzan M., 1966 - *Culturi irigate*, Editura Agrosilvică, București.
8. Botzan M., 1968 - *Date privind consumul de apă al culturilor irigate pentru uzul proiectării*, Analele I.S.C.I.F., vol. I, București.
9. Bourget S. J., Pesant A. R., 1968 - *Conservation et utilisation efficace de l'eau du sol*, Agriculture, vol. 25, Paris.
10. Brașoveanu N., 1983 - *Eficiența intensificării agriculturii și economia de energie*, Editura Ceres, București.
11. Brown L. R. și colab., 1995 - *Semne vitale*, Editura Tehnică, București.
12. Budoi Gh., Penescu A., 1996 - *Agrotehnica*, Editura Ceres, București.
13. Canarache A., 1990 - Fizica solurilor agricole, Editura Ceres, București.
14. Canarache A. și colab., 1984 - *Compactarea solului - cauze și efecte*, Producția vegetală. Cereale și plante tehnice, nr. 9, București.
15. Carp Ana, 1999 - *Contribuții la studiul gospodăririi apelor la irigarea culturilor de câmp în baza relațiilor sol - apă - plantă - climă - fază de vegetație*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi" Iași.
16. Cismaru C., Gabor V., Marcoie N., Scripcaru D., 1999 - *Evoluția temporală și spațială a secetei agricole din anul 1998 în Podișul Moldovei și nordul Bărăganului*, Lucr. șt. Seria Agronomie, vol. 42, U.A.M.V. Iași.
17. Coman Gh. și colab., 1996 - *Economia mediului*, Editura Moldovița, Iași.
18. Constantinidis C., 1970 - Bonifica ad irrigazione, Eagricole, Bologna.
19. Crețu A. și colab., 1984 - *Unele măsuri tehnologice și organizatorice destinate reducerii consumului de apă și energie la culturile de câmp irigate*, Lucr. șt. Seria Agronomie, vol. 27, Institutul Agronomic Iași.

Scanned with OKEN Scanner

44. Măgdălina I., 1994 - *Exploatarea şi întreţinerea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
45. Mihăilă V. şi colab., 1999 - *Metode şi epoci de aplicare a îngrăşămintelor*, Cereale şi plante tehnice, nr. 4, Bucureşti.
46. Moraru Gh., 1984 - *Aspecte privind irigarea grâului în Bărăgan*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 3, Bucureşti.
47. Negulescu M. şi colab., 1995 - *Protecţia mediului înconjurător*, Editura Tehnică, Bucureşti.
48. Nicolae H. şi colab., 1990 - *Rezultate experimentale privind cultivarea porumbului după orz şi grâu în Bărăganul de sud - est*, Cereale şi plante tehnice, nr. 10 - 12, Bucureşti.
49. Nicolescu C., 2002 - *Aspecte privind influenţa perdelelor de protecţie asupra valorificării durabile a apei de irigaţie*, Cereale şi plante tehnice, nr. 10, Bucureşti.
50. Nicolescu C., 2004 - *Tehnica irigaţiei în provincia Hebei din China*, Editura Agir, Bucureşti.
51. Oanea N., 1961 - *Influenţa structurii asupra păstrării apei în sol*, Lucr. şt., vol. V - A, Institutul Agronomic Bucureşti.
52. Oprea C. V., Calancea L., 1985 - *Complexe bioenergetice ale solului şi capacitatea sa de producţie*, Editura Flacăra, Timişoara.
53. Patraş J. şi colab., 1986 - *Valorificarea terenurilor irigate prin culturi succesive pentru furaj în Depresiunea Jijia - Bahlui*, Cercetări agronomice în Moldova, vol. 2, Iaşi.
54. Păltineanu I., 1982 - *Consumul de apă şi tehnica de irigare a porumbului pentru boabe*, Cereale şi plante tehnice, nr. 5, Bucureşti.
55. Păltineanu Rodica, 1974 - *Evapotranspiraţia principalelor culturi de câmp determinată în lizimetre*, Teză de doctorat, Institutul Agronomic, Bucureşti.
56. Pfeiffer E., 1972 - *La fécondité de la Terre*, Triade, Paris.
57. Picu I., 1982 - *Elemente noi în tehnologia culturilor succesive de porumb, soia, fasole în condiţii de irigare*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 6, Bucureşti.
58. Pleşa I., Florescu Gh., 1974 - *Irigarea culturilor*, Editura Ceres, Bucureşti.
59. Podani M., 1996 - *Considerente privind modificarea climei în România*, Îmbunătăţiri funciare şi construcţii rurale, nr. 1, Bucureşti.
60. Pop E. şi colab., 1964 - *Fiziologia plantelor*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
61. Popescu Ch. şi colab., 1983 - *Agrofitotehnia*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
62. Popescu Ch., 1991 - *Consumul de apă la câteva culturi agricole şi eficienţa valorificării sale în unele zone din ţară*, Memoriile secţiilor ştiinţifice, seria IV, tom 12, nr. 1, Editura Academiei Române, Bucureşti.
63. Popescu Ch., 2002 - *Schimbările climatice din ultimii ani şi lupta cu seceta*, Cercetări agronomice în Moldova, vol. 1-2, Iaşi.
64. Popescu Ch., Bucur D., 1999 - *Apa şi producţia vegetală*, Editura Gh. Asachi, Iaşi.
65. Popescu Ch., Bucur D., 2002 - *Protecţia mediului şi valorificarea în agricultură a unor deşeuri, reziduuri şi ape uzate*, Editura Tehnopress, Iaşi.
66. Popescu Ch., Bucur D., 2002 - *The efficiency of some double crops on irrigated fields*, Lucr. şt. Seria Agronomie, vol. 45, U.Ş.A.M.V. Iaşi.
67. Popescu Ch., Patraş J., 1987 - *Influenţa îngrăşămintelor şi a plantei premergătoare asupra unor culturi succesive în depresiunea Jijia - Bahlui*, Memoriile secţiilor ştiinţifice, seria IV, tom 10, nr. 1, Editura Academiei Române, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

"Natura este serioasă şi severă
dar ea are totdeauna dreptate;
greşelile şi rătăcirile sunt ale omului"
J. W. Goethe

VI. AMELIORAREA SOLURILOR SALINIZATE ŞI VALORIFICAREA LOR

6.1 Câteva însuşiri ale solurilor salinizate

Se consideră soluri salinizate, acelea care conţin în stratul unde se dezvoltă rădăcinile, cantităţi de săruri ce depăşesc limita de toleranţă a plantelor. *Solurile saline* sau *solonceacurile* au un conţinut excesiv de săruri solubile (cloruri, sulfaţi) iar *solurile alcalice* sau *soloneţurile* conţin mult sodiu schimbabil. Pe suprafeţe mici se întâlnesc *solodiile*, la care se produce levigarea pronunţată a sărurilor solubile. Luând în consideraţie conţinutul în săruri solubile (fără sulfat de calciu solubil) în stratul de sol până la 200 cm adâncime, se pot distinge cinci grupe de soluri, după sistemul român de clasificare (1980) (tab. 6.1). După gradul de soloneţizare şi conţinutul în sodiu schimbabil din capacitatea totală de schimb cationic (T) se pot distinge 5 grupuri de soluri (tab. 6.2).

Tabelul 6.1

Intensitatea salinizării (s) apreciată după conţinutul total de săruri şi electroconductivitate

Textura						Orice textură EC_{es}*** (mmho/cm)	Intensitatea salinizării
Grosieră		Mijlocie		Fină			
Salinizarea*							
Clorurică	Sulfatică	Clorurică	Sulfatică	Clorurică	Sulfatică		
Limite de conţinut total de săruri (mg/100 g sol)**							
≤ 90	≤ 140	≤ 100	≤ 150	≤ 115	≤ 170	≤ 3,9	-
91-230	141-330	101-250	151-350	116-300	171-400	4,0-7,9	Slabă
231-550	331-600	251-600	351-900	301-701	401-1050	8-15	Moderată
551-920	831-1400	601-1000	901-1500	701-1200	1051-1750	16-31	Puternică
≥ 921	≥ 1401	≥ 1001	≥ 1501	≥ 1201	≥ 1751	≥ 32	Foarte puternică

* Tipul de salinizare se stabileşte în funcţie de raportul între ionii-gram exprimaţi în miliechivalenţi, astfel:

✓- salinizare clorurică: $Cl/SO_4 \geq 1,1$;

✓- salinizare sulfatică: $Cl/SO_4 \leq 1,0$.

** Conţinutul total de săruri solubile se stabileşte pe baza analizei extractului apos, din suma totală a anionilor şi cationilor scăzându-se conţinutul de sulfat de calciu solubil.

*** EC_{es} reprezintă electroconductivitatea solului, măsurată în extractul de sol la saturaţie, la 25 °C.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.2

Clasificarea solurilor după gradul de soloneţizare şi după procentul de sodiu schimbabil (după *Florea N.*, citat de *Davidescu Velicica* şi colab., 1999)

Gradul de soloneţizare	% *Na* din *T*		Modificări fizico - chimice
	Soluri cu carbonaţi	Soluri fără carbonaţi	
Nesoloneţizat	≤ 5	< 4	Nu se observă efecte ale soloneţizării
Scăzut *	6 - 10	5 - 8	Dispersie slabă a masei minerale fine; uşoară scădere a permeabilităţii
Mijlociu * (moderat)	11 - 15	9 - 12	Dispersare moderată a masei minerale; scăderea permeabilităţii
Ridicat *	16 - 25	13 - 17	Dispersie puternică a masei minerale; permeabilitate scăzută; reacţie bazică
Soloneţ **	> 26	> 18 (20)	Dispersie foarte puternică a masei minerale de sol; practic impermeabil în stare umedă; reacţie bazică puternică; se observă solubilizarea humusului

* $Na_2CO_3 \leq 10$ mg/100 g sol;

** $Na_2CO_3 \geq 10$ mg/100 g sol;

În România, solurile salinizate sunt răspândite în zonele menţionate în figura 2.4 iar judeţele pe teritoriul cărora se regăsesc diferite suprafeţe de terenuri degradate sau predispuse la degradare prin sărăturare se prezintă în tabelul 6.3.

Tabelul 6.3

Suprafeţele ocupate cu soluri sărăturate şi predispuse la sărăturare din România (mii ha) (după *Niţu I.* şi colab., 2000)

Judeţul	Total soluri afectate de sărăturare	Potenţial de degradare prin sărăturare	Judeţul	Total soluri afectate de sărăturare	Potenţial de degradare prin sărăturare
Alba	3,8	5	Ialomiţa	19,5	40
Arad	31,0	150	Iaşi	28,0	25
Bihor	21,0	40	Mehedinţi	1,0	6
Bistriţa Năsăud	1,2	-	Mureş	2,0	5
Botoşani	22,1	20	Olt	4,0	50
Braşov	1,0	-	Prahova	6,5	40
Brăila	47,0	220	Satu Mare	15,0	30
Buzău	31,7	130	Sălaj	2,0	-
Caraş Severin	1,6	-	Sibiu	1,8	-
Călăraşi	7,5	35	Teleorman	2,6	10
Cluj	5,4	20	Timiş	38,3	180
Constanţa	11,5	5	Tulcea	57,0	40
Dolj	8,0	60	Vaslui	14,2	20
Galaţi	8,6	40	Vrancea	9,5	30
Giurgiu	2,5	20	Total	405,3	1221

Scanned with OKEN Scanner

Sursa primară a sărurilor din sol o reprezintă rocile eruptive iar sursa secundară, rocile sedimentare. Factorii care determină procesul de sărăturare sunt ariditatea climatului, relieful depresionar, nivelul ridicat al apei freatice, substratul litologic salifer şi irigarea defectuoasă. Pe terenurile în pantă apar, în unele cazuri, izvoare de coastă şi soluri salinizate datorită stratificării materialelor sedimentare de diferite texturi (fig. 6.1).

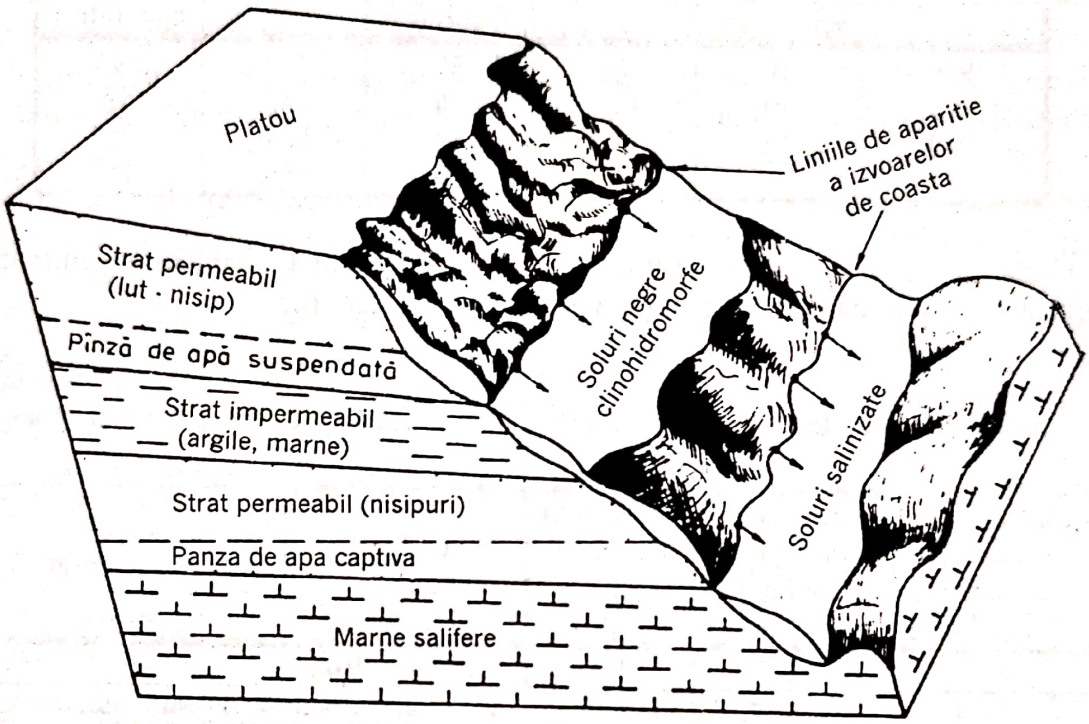


Fig. 6.1 Apariţia izvoarelor de coastă şi formarea solurilor negre clinohidromorfe şi a celor salinizate pe versante

Acumularea sărurilor în straturile superficiale ale solului are efecte nefavorabile din punct de vedere chimic, fizic, microbiologic şi fiziologic. Efectele chimice se manifestă, în primul rând, prin creşterea concentraţiei soluţiei solului şi reducerea accesibilităţii elementelor nutritive pentru plante. După solubilitate se pot distinge trei grupe principale de săruri:

- ✓ uşor solubile: $NaCl$, Na_2SO_4, $NaHCO_3$, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $Mg(HCO_3)_2$;
- ✓ greu solubile: $CaSO_4$;
- ✓ practic insolubile: $CaCO_3$, $MgCO_3$.

Schimbarea însuşirilor hidrofizice ale solurilor salinizate se datorează sărurilor dizolvate în apă şi preponderenţei cationilor de *Na* şi *K* faţă de cei de *Ca* şi *Mg*. Aceasta modifică densitatea soluţiei, înălţimea ascensiunii capilare, viteza de infiltraţie şi forţa de reţinere a apei de către sol. Astfel, într-un sol nesalinizat cu umiditatea de 18,3 % forţa de reţinere a apei de către sol este de circa 2 atmosfere, iar într-un sol salinizat, cu aproximativ aceeaşi umiditate, această forţă ajunge la 18 sau 30 atmosfere (tab. 6.4).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.4

Variația forței de reținere a apei în sol, în funcție de conținutul de săruri și umiditatea acestuia (după *Schofield*)

Soluri nesalinizate		Soluri care conțin 0,55 % săruri		Soluri care conțin 2,13 % săruri	
Umiditatea solului (%)	Forța de reținere a apei (atm)	Umiditatea solului %	Forța de reținere a apei (atm)	Umiditatea solului %	Forța de reținere a apei (atm)
9,4	20	9,3	35	9,9	143
12,2	10	12,4	26	13,3	59
18,3	2	18,6	18	19,6	30
-	-	24,8	11	25,8	17

Creşterea concentraţiei soluţiei solului determină reducerea numărului speciilor de plante care pot creşte pe aceste terenuri (tab. 6.5).

Tabelul 6.5

Limitele de toleranta ale plantelor, după conductibilitatea electrica a soluției de sol (după *Schofield*)

Conductibilitatea electrică a extractului (mmho/cm)	Presiunea osmotică a soluției (atm)	Conținutul de săruri solubile (g/l)	Gradul de salinitate	Toleranța plantelor
0 - 2	0,7	1,2	Scăzut	Bună
2 - 4	0,7 - 1,4	1,2 - 3,5	Moderat	Unele plante sunt afectate
4 - 8	1,4 - 1,8	3,5 - 5,1	Ridicat	Majoritatea plantelor sunt afectate
8 - 16	2,8 - 5,7	5,1 - 10,2	Foarte ridicat	Cresc numai plantele cu toleranță foarte mare

Însuşirile fizice şi mecanice ale solului sunt influenţate de natura sărurilor care se acumulează în sol. Astfel, coeziunea şi adeziunea şi deci rezistenţa la arat a solului este mai mare în cazul unui conţinut ridicat în sodiu şi mai redus atunci când predomină calciul şi magneziul. La speciile pomicole s-a constatat o acumulare a sodiului, mai ales, în rădăcinile active, blocând absorbţia elementelor cu rol major în nutriţia plantelor (*Ştefănescu S. I.* şi colab., 1997).

Acumularea sărurilor în sol împiedică înmulţirea bacteriilor fixatoare de azot şi a celor nitrificatoare. Numai în prezenţa unei cantităţi mari de substanţă organică fixarea azotului se poate face şi la concentraţii ridicate în săruri a solului. Scăderea activităţii bacteriilor pe solurile sărăturate se datorează creşterii presiunii osmotice a soluţiei solului şi acţiunii negative asupra activităţii enzimatice a bacteriilor. Pătrunderea ionilor de sodiu în interiorul bacteriilor determină formarea de proteinaţi de sodiu care, schimbă starea coloidală a celulelor şi le paralizează activitatea. Ionii de clor din soluţia solului şi în special clorura de magneziu

Scanned with OKEN Scanner

(Cl_2Mg) stânjeneşte nutriţia cu azot, fosfor şi sulf a plantelor. Carbonatul de sodiu (Na_2CO_3) este de 4 - 5 ori mai toxic pentru plante decât sulfatul de sodiu (Na_2SO_4) şi de 2 - 3 ori mai dăunător decât clorura de sodiu ($NaCl$) sau magneziu ($MgCl_2$).

6.2 Prevenirea salinizării secundare a solului

În zonele aride şi semiaride ale globului, salinizarea secundară a terenurilor irigate cuprinde întinse suprafeţe. Se estimează că circa 70 % din terenurile irigate din Egipt, Iran şi Irak sunt ameninţate de salinizare iar pe glob mai mult de 50 % din suprafaţa irigata este afectată de salinizare şi înmlăştinire. (*Măgdălina I.* şi colab., 1992).

Măsurile de prevenire a proceselor de salinizare secundară a solului pot fi: organizatorice, de regularizare a bilanţului apei şi sărurilor din sol şi agrotehnice.

Din grupa de *măsuri organizatorice* fac parte: studiul solului, al apelor freatice, al apelor de irigare, studiul condiţiilor climatice, geomorfologice şi hidrologice din teritoriul respectiv. Adâncimea critică de salinizare este variabilă şi depinde de gradul de mineralizare a apei freatice, textura solului şi de intensitatea evaporaţiei la suprafaţă. Apele freatice cu un conţinut ridicat în săruri, ridicându-se prin capilaritate, provoacă repede sărăturarea solului. Starea de mineralizare a apei variază după conţinutul ei în săruri (tab. 6.6). În condiţiile de stepă, adâncimea critică a apei freatice variază între 2,4 şi 3,8 m, după cum se poate vedea în tabelul 6.7.

Tabelul 6.6

Starea de mineralizare a apei

Categoria	Conţinut în săruri (g/l)
Dulce (normală)	< 0,5
Foarte slab sălcie	0,5 - 1,0
Slab sălcie	1,0 - 2,0
Moderat sălcie	2,0 - 4,5
Puternic sălcie	4,5 - 10,0
Sărată	> 10

Tabelul 6.7

Adâncimea critică de salinizare a apelor freatice din zona de câmpie (m) (după *Măianu Al.*, 1964)

Zona pedoclimatică	Grupa texturală		
	Grosieră	Mijlocie	Fină
Forestieră	1,1	1,3	1,4
Silvostepă	1,6	1,8	2,1
Stepă	2,4	2,8	3,3
Stepă în jurul lacurilor sărate şi Delta Dunării	2,7	3,3	3,8

O altă cauză care poate provoca sărăturarea secundară este prezenţa în profilul solului a unui strat impermeabil. Acesta poate exista înainte de aplicarea irigaţiei sau se poate forma datorită spălării carbonatului de calciu şi magneziu de către apa de irigare încărcată cu CO_2. Stratul impermeabil împiedică infiltrarea apei cu un conţinut ridicat de săruri, care pot proveni şi din descompunerea substanţelor

Scanned with OKEN Scanner

organice din straturile superioare şi datorită acumulării acestor săruri se produce salinizarea. Impregnarea cu săruri a orizontului superior al solului are loc chiar atunci când stratul impermeabil se găseşte la o adâncime mai mare, deoarece se formează o pânză de apă freatică mineralizată care se sprijină pe stratul impermeabil şi trimite, prin capilaritate, sărurile în orizontul superficial al solului.

Pentru măsurarea nivelului apei freatice şi al gradului de mineralizare a acesteia se execută puţuri hidrogeologice de control (unul la 50 - 100 ha).

Tot din această grupă de măsuri fac parte organizarea raţională a teritoriului, adică totalitatea măsurilor hidroameliorative şi silvice care se aplică pentru a evita apariţia proceselor de degradare a solului.

În cadrul *măsurilor pentru regularizarea bilanţului apei şi a sărurilor din sol*, ca prim obiectiv se urmăreşte amplasarea şi amenajarea raţională a sistemului de irigaţie, folosirea judicioasă a apei de udare, organizarea raţională a regimului de funcţionare a canalelor etc. Amplasarea reţelei de irigaţie se face pe formele pozitive ale reliefului iar cea a sistemului de desecare-drenaj pe formele joase. Canalele vor fi cât mai scurte iar parcelele nivelate corespunzător. Nu este recomandabil să se menţină pe terenurile predispuse la salinizare suprafeţe neamenajate pentru irigaţii căci acestea se sărăturează. Canalele de alimentare trebuie să alterneze cu cele de evacuare, pentru a înlesni îndepărtarea excesului de săruri.

La periferia terenurilor amenajate pentru irigare trebuie să se prevadă canale de colectare-evacuare, pentru a se preveni salinizarea secundară a suprafeţelor limitrofe neirigate. La execuţia canalelor nu se va folosi pământ salinizat, pentru ca apa tranzitată să nu îşi mărească concentraţia în săruri. Apa transportată pe canale se utilizează numai pentru irigarea culturilor şi nu pentru sectorul zootehnic sau în alte scopuri iar menţinerea ei în canale se face un timp cât mai scurt, surplusul de apă evacuându-se imediat ce s-a terminat aplicarea udărilor. Pentru aceasta, canalele trebuie prevăzute cu instalaţii care să asigure distribuirea rapidă a apei şi respectiv evacuarea surplusului de apă. Este necesar să se întocmească un *plan de folosire raţională a apei*, în sistemul de irigaţie, începând cu aducerea ei şi continuând cu aplicarea corectă a normelor de udare pentru fiecare cultură şi parcelă în parte. Calculul normelor de udare şi stabilirea datei de aplicare a lor se face ţinând seama de însuşirile hidrofizice ale solului şi de variaţia umidităţii acestuia în timpul perioadei de vegetaţie. Pentru a evita salinizarea secundară a solului trebuie împiedicată joncţiunea dintre franjul capilar sprijinit şi cel suspendat. Aceasta se poate realiza prin administrarea normelor de udare care să asigure umezirea solului doar pe stratul în care se dezvoltă masa principală de rădăcini a plantelor, fără a se produce pierderi de apă prin infiltraţie. Dacă terenul nu este bine nivelat, umezirea solului nu se realizează uniform iar în zonele în care apa bălteşte la suprafaţa terenului se produce alimentarea pânzei freatice. Dintre metodele de udare, cele mai potrivite sunt cele prin aspersiune şi prin picurare, acestea permiţând o dozare corespunzătoare a apei de irigaţie.

Inundaţiile determină ridicarea nivelului apei freatice şi pentru a înlătura acest lucru trebuie să se evite suprasolicitarea digurilor, canalelor etc şi să se remedieze cu maximă operativitate eventualele defecţiuni apărute. Pierderi mari de apă prin

Scanned with OKEN Scanner

infiltrație se produc pe canalele cu funcționare intermitentă, ca urmare a crăpăturilor care se produc pe fundul și pe taluzurile acestora. Apariția crăpăturilor este mai pronunțată la canalele construite pe teren argilos. Se pierd de asemenea, cantități însemnate de apă și prin galeriile săpate de animale în taluzurile canalelor. De aceea, se impune ca aceste animale să fie distruse iar galeriile astupate.

O altă cauză care duce la creșterea pierderilor de apă pe canale o constituie vegetația abundentă de pe taluzurile interioare ale acestora care, determină reducere accentuată a vitezei de circulație a apei. Se impune deci menținerea curată, a taluzurilor canalelor. Pe solurile cu substrat loëssoid, infiltrarea apei în cantități mari în zona canalelor cu funcționare permanentă poate determina deformarea canalului și a construcțiilor hidrotehnice, datorită tasării substratului loëssoid în urma înmuierii de către apa infiltrată.

Prin tratarea secțiunii utile a canalelor de irigație cu 3 - 5 kg $NaCl/m^2$, pierderile de apă se pot reduce aproape complet. Acest mod de impermeabilizare a canalelor prezintă însă dezavantajul că apa tranzitată își mărește conținutul de sodiu și devine improprie pentru irigare. Impermeabilizarea canalelor se mai poate realiza și prin folosirea unei emulsii de bitum, prin sedimentarea unui strat de argilă sau prin căptușirea acestora cu folii din material plastic, plăci sau dale din beton, asfalt etc.

Plantarea arborilor în lungul canalelor este o măsură foarte eficace pentru interceptarea curentului de apă infiltrat. Arborii extrag cantități mari de apă din sol, pe care o trimit în atmosferă. Perdelele de arbori au și alte efecte favorabile, concretizate în creșterea umidității aerului, reducerea vitezei vânturilor și prin aceasta atenuarea efectului de secetă.

În cazurile când în locurile mai joase au loc acumulări de apă provenită din inundații, precipitații etc, acestea trebuie evacuate cât mai repede, pentru a se preveni infiltrarea și creșterea nivelului freatic. Întrucât cultura orezului necesită norme de irigare de 8 - 10 ori mai mari decât celelalte culturi, orezăriile se amenajează în sectoare unde există condiții speciale de reținere și evacuare a apei, în scopul evitării ridicării nivelului freatic. Acolo unde apa freatică are însușiri corespunzătoare, ea poate fi folosită la irigarea culturilor; caz în care nu se produce ridicarea nivelului freatic și salinizarea solului.

Pentru buna dezvoltare a plantelor trebuie menținut un nivel scăzut al presiunii osmotice a soluției solului și aceasta se realizează prin aplicarea udărilor de aprovizionare și a celor de spălare. Udările de aprovizionare contribuie la micșorarea concentrației de săruri din stratul de sol fiziologic activ, favorizând un curent descendent al apei în sol. Întrucât udările de aprovizionare se aplică toamna târziu, evaporarea este practic redusă și nu sporește conținutul de săruri în stratul superficial al solului. În perioada de vegetație, umiditatea trebuie menținută la valori de circa 50 % IUA pentru ca soluția solului să nu își mărească concentrația. Pe cât posibil, udările se vor aplica noaptea sau pe timp noros pentru a reduce la minimum pierderile de apă prin evaporație.

Pentru prevenirea salinizării secundare a solului este necesar să se controleze calitatea apei de irigație și să se folosească ape cu un conținut scăzut în săruri. În

Scanned with OKEN Scanner

tabelul 6.8 sunt prezentate schematic măsurile de prevenire a salinizării secundare a solului.

Tabelul 6.8

Măsurile de prevenire a salinizării secundare a solurilor

Grupa de măsuri	Obiective	Măsuri
I. Măsuri organizatorice şi gospodăreşti	Studiul condiţiilor de salinizare; organizarea raţională a irigaţiei	- Studiul prealabil al solurilor, apelor freatice şi de irigaţie - Organizarea teritoriului - Organizarea staţionarelor pentru măsurarea nivelului apelor freatice - Organizarea raţională a irigaţiei
II. Măsuri de regularizare a bilanţului apei în sol	Creşterea randamentului sistemului de irigaţie	- Amenajarea raţională a sistemului de irigaţie - Micşorarea debitului total de apă - Organizarea raţională a regimului de funcţionare a canalelor - Folosirea planificată a apei de udare
	Prevenirea alimentării pânzei de apă freatică	- Aplicarea tehnicii judicioase de udare - Întreţinerea corectă a reţelei de irigaţie şi drenaj evacuare - Combaterea inundaţiilor - Combaterea infiltraţiilor - Lichidarea acumulării de apă provenită din inundaţii, evacuări şi infiltraţii - Amplasarea raţională a orezăriilor în cadrul sistemelor de irigaţie - Limitarea spălării solurilor salinizate - Nivelarea terenului amenajat pentru irigaţie - Aplicarea drenajului
	Micşorarea evaporaţiei şi mărirea consumului util al apei freatice şi de irigaţie	- Mărirea coeficientului de folosire a terenului - Rotaţia culturilor şi introducerea plantelor mari consumatoare de apă - Îmbunătăţirea structurii solului - Folosirea apelor freatice la irigaţie
III. Măsuri de regularizare a bilanţului sărurilor în sol	Menţinerea presiunii osmotice scăzute a soluţiei de sol	- Aplicarea udărilor de aprovizionare - Aplicarea udărilor de primăvară - Aplicarea udărilor în perioada de vegetaţie - Metoda de udare - Aplicarea spălării periodice - Controlul calităţii apelor de irigaţie - Desalinizarea apelor de irigaţie
IV. Măsuri agrotehnice	Micşorarea evaporaţiei şi a ascensiunii capilare a apei în sol	- Sistemul de lucrare a solului - Sistemul de îngrăşare a plantelor - Nivelarea terenului

Scanned with OKEN Scanner

6.3 Ameliorarea solurilor salinizate

În procesul îndelungat de ameliorare a solurilor salinizate se urmăreşte spălarea sărurilor solubile prin suprairigare, coborârea nivelului apelor freatice prin drenaj şi aplicarea amendamentelor.

Se pot distinge două moduri de spălare a sărurilor din sol: *spălarea fizică* prin dizolvarea şi levigarea lor în profunzime şi *spălarea fizico-chimică* a sărurilor din sol, în prezenţa amendamentelor. Primul tip de spălare se aplică solurilor cu salinizare de tip calcic iar cel de-al doilea, solurilor cu salinizare de tip sodic. În ultimul caz, spălarea sărurilor trebuie să se facă prin procesul de levigare pe verticală, întrucât scurgerea la suprafaţă şi îndepărtarea lor prin intermediul reţelei de canale de colectare-evacuare nu dă rezultate bune.

Spălarea solurilor salinizate se realizează în trei etape: umezirea stratului explorat de rădăcini până la saturaţia totală cu apă, dizolvarea sărurilor nocive în apa de spălare, îndepărtarea în adâncime a apei încărcate cu săruri. Udările de spălare pot fi *capitale* (totale), când se aplică numai la luarea în cultură a solurilor salinizate şi *profilactice*, când se aplică în anii următori, în scopul de a preveni resalinizarea solurilor ameliorate. Cercetări făcute la Ruşeţu, jud. Buzău, a arătat că prin udările de spălare se reduce foarte mult conţinutul în săruri a solului. Astfel după 8 ani de exploatare intensivă, reziduul mineral din sol a scăzut de la 40 g/l la 6,24 g/l, sodiul de la 661,04 mg/l la 121,3 mg/l etc (tab. 6.9). Pentru calculul normei de spălare se utilizează ecuaţia de bilanţ în circuit deschis, de irigaţie combinată cu drenajul:

$$R_f + C \cdot P_i + S = R_i + D \qquad (6.1)$$

în care:

- R_f - rezerva de apă din sol la sfârşitul sezonului de vegetaţie (1 X), în m^3/ha;
- C - coeficientul de înmagazinare a precipitaţiilor din timpul iernii;
- P_i - precipitaţiile din perioada rece a anului (1 X - 31 III), în m^3/ha;;
- S - norma udării de spălare, în m^3/ha;
- R_i - rezerva de apă din sol la începutul sezonului de vegetaţie (1 IV), în m^3/ha;
- D - norma de evacuare (drenaj), în m^3/ha.

Marcu Botzan (1966) propune relaţia:

$$S = a + D \qquad (6.2)$$

în care:

- S - norma udării de spălare, în m^3/ha;
- a - norma udării de umezire a solului la capacitatea de câmp, în m^3/ha;
- D - norma de evacuare (drenaj), în m^3/ha.

Norma udării de spălare variază în funcţie de textura solului, permeabilitatea lui şi gradul de salinizare între 1.300 şi 12.000 m^3/ha, aplicându-se în 2 - 6 reprize, după cum se precizează în tabelul 6.10. *Teşu C.* şi colab. (1974), obţin rezultate bune pe soluri salinizate din Câmpia Moldovei, folosind la spălare norme de 6.000 m^3/ha. Spălarea unui sol moderat salinizat de la Ruşeţu, jud. Buzău, cu

Scanned with OKEN Scanner

norme de 5000 - 15000 m^3/ha a redus evident conținutul solului în săruri și a sporit recolta de porumb, în medie pe 3 ani, de la 2690 kg/ha la 3328 kg/ha (tab. 6.11).

Tabelul 6.9

Evoluția mineralizării și compoziției ionice a apei freatice de la solonceacul cambic-gleic și solonețul cambic gleic* de la Ruşeţu (după *Sandu Gh.*, 1984)

Data recoltării	Reziduu mineral (g/l)	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{2+}
		(mg/l)						
În regim natural	40,00	10,20	558,4	131,4	661,0	23,40	15,25	0,23
După prima spălare	36,67	2,90	534,9	14,2	510,0	28,97	12,73	0,23
După a doua spălare	34,64	5,15	473,8	62,0	460,4	27,47	51,88	0,15
După a treia spălare	22,48	2,90	355,5	40,1	382,6	10,65	5,11	0,05
După a patra spălare	9,30	7,50	123,7	48,8	153,2	7,45	19,16	0,15
Anul opt al perioadei de exploatare intensivă	6,24	4,83	95,7	36,7	121,3	6,80	15,20	0,16

* Amenajări: drenuri de ceramică amplasate la adâncimea de 1,80 m și echidistanțate la 50 m; nivelare capitală. Tehnologii ameliorative: amendare cu 5 t/ha fosfogips (aplicat înaintea primei și a celei de a două spălări); norma de spălare - 15.000 m^3/ha anual.

Tabelul 6.10

Norma de spălare a solurilor salinizate (m^3/ha)
(după *Rozov L. P.*, 1956)

Gradul de salinizare	Sol nisipos	Sol argilos	Numărul de udări
	Permeabilitatea		
	mijlocie	slabă	
Slabă	1300 - 3000	2000 - 4000	1 - 2
Moderată	3000 - 4000	4000 - 6000	2 - 3
Medie	4000 - 6000	6000 - 8000	2 - 4
Puternică	6000 - 8000	8000 - 10000	3 - 5
Foarte puternică	8000 - 10000	10000 - 12000	4 - 6

Tabelul 6.11

Influența normelor de spălare și altor măsuri ameliorative a unui sol de la Ruşeţu - Buzău asupra producției de porumb (după *Sandu Gh.* și colab., 1986)

Norma de spălare (m^3/ha)	Argilă (%)	Humus (g/100 g)	Reziduu mineral (g/100 g sol)		Sodiu în stratul 0 - 20 cm (% T)		Producția medie de porumb (kg/ha)
			Înainte de spălare	După spălare	Înainte de spălare	După spălare	
500	32,20	3,75	0,600	0,190	26,68	11,03	2690
7.500	32,34	3,64	0,610	0,160	27,23	11,22	2858
10.000	32,33	3,25	0750	0,170	34,48	12,75	2984
15.000	20,80	3,84	0,560	0,170	21,98	11,02	3328

Scanned with OKEN Scanner

Spălarea aplicată în perioadele cu evaporație ridicată sau atunci când adâncimea apei freatice este mică nu dă rezultate bune, deoarece se pierd cantități mari de apă prin evaporare şi respectiv se produce resalinizarea solului, datorită apei freatice situate aproape de suprafață. Spălările aplicate înainte de semănat pot determina întârzierea însămânțării. Timpul cel mai potrivit pentru aplicarea udărilor de spălare este toamna târziu, când temperatura este scăzută şi nivelul apei freatice coborât. În cazul solurilor salinizate cu sulfați, spălarea trebuie să se facă în timpul verii, căci solubilitatea acestor săruri este mai accentuată la temperaturi ridicate.

Apa folosită pentru spălare trebuie să aibă un conținut scăzut de săruri şi o alcalinitate moderată. Pentru realizarea unor spălări uniforme, suprafața de teren se împarte în parcele de spălare sau fâşii care, se nivelează cât mai bine.

Spălarea sărurilor din sol fără drenaj artificial se poate realiza atunci când apa freatică se găseşte la adâncimi foarte mari sau în situația în care solul prezintă un drenaj natural corespunzător. În cazul spălării solurilor cu amenajări de drenaj, se folosesc norme de spălare mai mari, pentru a asigura un aflux al apei spre drenuri. Când normele de spălare depăşesc 10.000 - 12.000 m^3/ha se recomandă ca terenul respectiv să fie cultivat cu orez.

Ameliorarea sărăturilor nu trebuie considerată terminată după încheierea primelor lucrări, deoarece ulterior urmează faza de *consolidare a ameliorării*, în care se urmăreşte ca însuşirile solului, dobândite prin ameliorare, să capete un caracter durabil. Aceasta se realizează prin coborârea nivelului freatic, prin refacerea structurii solului, ca urmare a aplicării agrotehnicii diferențiate şi printr-un regim de irigare foarte bine condus. Pe sărăturile ameliorate, irigarea nu are doar rolul de a reduce deficitul de apă din sol ci şi asigurarea în mod permanent a unui curent descendent al apei în sol. În zona Lacul Sărat - Brăila, cele mai mari recolte de grâu, mei, sfeclă şi lucernă s-au obținut când irigarea s-a aplicat la plafonul minim de 65 - 75 % din I.U.A. (tab. 6.12).

Tabelul 6.12

Regimul de irigare şi producțiile obținute la grâu, mei, sfeclă şi lucernă în zona Lacul Sărat-Brăila în perioada 1986-1988 (după *Zamfirache N.* şi colab., 1991)

Plafon minim % IUA	Grâu de toamnă			Mei după grâu			Sfeclă de zahăr			Lucernă m. v.		
	Producție boabe		Σm	Producție boabe		Σm	Producție rădăcini		Σm	Producție masă verde		Σm
	q/ha	%	m^3/ha	q/ha	%	m^3/ha	q/ha	%	m^3/ha	q/ha	%	m^3/ha
Neirigat	28,9	100	-	1,8	100	-	39,6	100	-	57,7	100	-
50	44,5	156	1066	10,8	600	449	51,5	130	1822	67,3	117	1893
65	48,4	169	940	13,2	733	817	59,4	150	1973	72,5	126	2306
75	50,4	176	1090	14,5	805	670	57,1	144	2224	75,9	131	2224

Scanned with OKEN Scanner

6.4 Particularitățile culturii plantelor pe soluri salinizate

6.4.1 Rotația culturilor

La alegerea plantelor ce urmează a se cultiva pe solurile salinizate trebuie să se țină seama de efectele sărurilor asupra lor. Astfel, sărurile solubile determină o creştere a concentrației şi a presiunii osmotice a soluției solului, fapt care duce la scăderea producției plantelor cultivate. Aşa de exemplu, creşterea presiunii osmotice de la 0,5 la 4,5 atm reduce recolta cu circa 50 %. În general, plantele nu se pot dezvolta în soluții saline a căror presiune osmotică depăşeşte 10 - 12 atm.

Efectul negativ al sărurilor asupra plantelor depinde nu numai de concentrația soluției ci şi de natura acestora. Astfel, ionii de clor sunt mai toxici pentru plante decât cei de sulf, ionii de magneziu mai toxici decât cei de calciu sau sodiu iar cei de bor au efect nociv, în special, asupra pomilor fructiferi etc. S-a constatat că sub influența clorurilor este stânjenită nutriția plantelor cu azot, fosfor şi sulf, ceea ce duce la brunificarea marginilor frunzelor. Cele mai sensibile la clor sunt unele specii de pomi fructiferi, apoi gramineele şi leguminoasele cultivate pentru boabe. Sfecla pentru zahăr suportă mai bine clorurile decât sulfații. *Tarhon P.* arată ca excesul de săruri poate produce unele modificări morfologice şi fiziologice în corpul plantelor. S-a remarcat degradarea structurii cloroplastelor şi etiolarea frunzelor, reducerea suprafeței foliare, îngroşarea cuticulei şi a țesutului palisadic din frunze, creşterea suculentei țesuturilor (îndeosebi la sărături cu *NaCl*), reducerea diametrului şi înălțimii tulpinii, lignificarea țesuturilor etc. Unii dintre aminoacizi suferă un proces de dezaminare şi aceasta duce la acumularea de amoniac în celule care, la o anumită concentrație, devine toxic şi provoacă moartea celulei. În general, cu cât sporeşte conținutul în săruri a solului, cu atât scade mai mult recolta. Cercetări făcute în județul Iaşi au pus în evidență relația invers proporțională între producția de grâu şi porumb şi conținutul în săruri solubile a solului (tab. 6.13). *Măianu Al.* (1964) arată că pe sol uşor salinizat, producția a fost cu 10 - 20 % mai mică decât pe solul nesalinizat. Pe sol mijlociu salinizat, producția a scăzut cu 30 - 50 %, pe sol puternic salinizat cu 60 - 80 % iar pe sol foarte puternic salinizat plantele nu s-au putut dezvolta.

Tabelul 6.13

Variația producției la grâu şi porumb în funcție de conținutul solului în săruri solubile (*Teşu C.* şi colab., 1983)

Specia	Starea de salinizare a solului (mg/100 g sol)							
	100		100 - 200		200 - 300		300 - 400	
	Producția							
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	Kg/ha	%
Grâu (media la 6 soiuri)	3.874	100	3.154	81,4	2.092	54,0	1.315	33,9
Porumb (media la 7 hibrizi)	7.659	100	6.350	82,9	4.235	55,3	2.474	32,3

Scanned with OKEN Scanner

Proporţia diferitelor elemente care pătrund în corpul plantelor cultivate pe teren salinizat se modifică şi duce la acumularea unor substanţe nocive, cum ar fi putresceina, care împiedică formarea clorofilei şi sinteza materiei organice. Sodiul schimbabil influenţează negativ creşterea plantelor nu numai prin înrăutăţirea însuşirilor fizice ale solului ci şi prin împiedicarea pătrunderii calciului în plantă. În concentraţie mare, sărurile determină modificări histologice ale plantelor. Astfel, clorurile determină formarea unor frunze cărnoase şi reduc transpiraţia, sulfaţii contribuie la formarea unor frunze mai mici şi intensifică transpiraţia etc. Toleranţa plantelor la săruri depinde de specie, faza de vegetaţie, climă, concentraţia sărurilor, raportul între diferiţii ioni, textura solului, regimul hidric al solului ş.a. În zonele cu temperatura moderată plantele devin mai tolerante la salinitate. La creşterea temperaturii toleranţa scade.

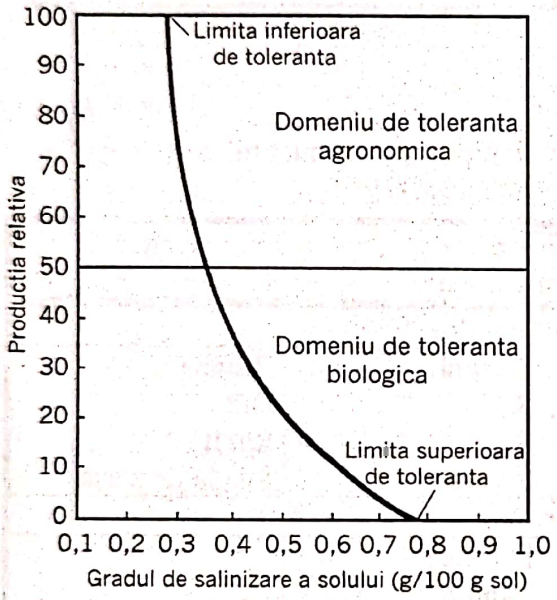


Fig. 6.2 Indicii de toleranţă la salinitate a plantelor agricole

Se poate distinge o toleranţă biologică a plantelor faţă de săruri şi una agricolă. Toleranţa biologică se referă la capacitatea plantei de a-şi desăvârşi ciclul de dezvoltare iar toleranţa agricolă se referă la capacitatea plantelor de a da recolte care depăşesc 50 % din producţia obţinută pe teren nesalinizat (fig. 6.1 şi tab. 6.14). Plantele care cresc pe soluri salinizate, numite şi *plante halofite*, se caracterizează printr-o presiune osmotică mare şi un consum de apă redus.

Plantele agricole manifestă diferite grade de toleranţă la salinitate, în funcţie de stadiul lor de dezvoltare (germinaţie, plantulă, creştere vegetativă, maturitate). Pe baza numeroaselor cercetări privind toleranţa agricolă a plantelor la salinitate, în stadiul de germinare şi plantulă, au fost evidenţiate trei grupe de plante, notate în tabelele 6.15 şi 6.16. Cercetările întreprinse de *Canarache A.* (1979), arată că se pot obţine recolte normale la diferite culturi, dacă conţinutul maxim de săruri nu depăşeşte limitele menţionate în tabelul 6.17. Toleranţa plantelor la concentraţia solului în sodiu schimbabil este menţionată în tabelul 6.18.

Sărăturile ameliorate prin irigare cu apă dulce pot fi cultivate şi cu plante mai pretenţioase, cum ar fi orezul. Această plantă nu poate suporta însă concentraţii mai mari de 0,12 % Na_2CO_3, 0,3 % $NaCl$, 0,5 % Na_2SO_4.

În general, pe sărături se cultivă plante care rezistă la concentraţii mari de săruri şi au perioadă de vegetaţie scurtă, încât se pot dezvolta în perioada cât solul este bogat în apă. Cele mai bune recolte se obţin în anii ploioşi. Sunt potrivite pentru aceste soluri plantele cu o creştere vegetativă intensă, care umbresc repede solul, reducând astfel pierderile de apă prin evaporaţie. De asemenea, se recomandă culturi prăşitoare la care solul se lucrează des, menţinându-se curat de buruieni şi fără crustă.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.14

Prognoza recoltei în funcție de gradul de salinitate a solului și compoziția sărurilor (% din capacitatea totală de schimb cationic) (după *Davidescu Velicica* și colab., 1998)

Recolta (% față de solul nesalinizat*)	Gradul de salinizare a solului	Săruri solubile în profilul solului (g/kg sol)			
		Sodic	Cloruric	Amestec de cloruri și de sulfați	Sulfatic
		Carbonat de sodiu, singur sau combinat cu alte săruri	Clorură de sodiu și de magneziu		Sulfat de sodiu și magneziu
100	Nesalinizat	< 1	< 1,5	2 - 3	< 3
80 - 90	Ușor	1,0 - 2,0	1,5 - 3,0	3 - 5	3 - 6
50 - 70	Moderat	2,1 - 3,0	3,1 - 5,0	5 - 8	7 - 10
20 - 40	Ridicat	3,1 - 5,0	5,1 - 7,0	8 - 10	10 - 20
0	Excesiv	5,1 - 7,0	> 7,1	10 - 12	> 21

* pentru grâu, lucernă, bumbac.

Tabelul 6.15

Toleranța relativă la săruri a plantelor cultivate, în raport cu conductibilitatea electrică a extractului de saturație (după *FAO* 1971)

Scăzută (2 - 4 mmho/cm)	Mijlocie (4 - 10 mmho/cm)		Ridicată (10 - 18 mmho/cm)
Cereale și plante tehnice			
Fasole Bob	Grâu Floarea-soarelui In Orez	Porumb Ricin Sorg Secară	Bumbac Orz Rapiță Sfeclă de zahăr
Legume			
Fasole de grădină Ridichi Țelină	Ardei Brocoli Castraveți Conopidă Ceapă Cartofi Pepene galben	Dovlecei Lăptuci Mazăre Morcov Porumb dulce Tomate Varză	Sfeclă de grădină Spanac Sparanghel Varză creață
Plante furajere			
Alopecurus Trifoi alb Trifoi roșu Trifoi hibrid	*Bromus lanatus* Festucă Golomăț Firuță Lucernă Iarbă de Sudan Ovăz	Raigras englezesc Trifoi galben Secară furajeră Stuf Sulfină albă Sulfină galbenă Trestie	*Agropyron* Ghizdei Mei Orz Pir gros
Pomi, arbuști fructiferi și viță de vie			
Cais Căpșun Lămâi Măr Portocal Prun Piersic	Gutui Măslin Smochin	Păr Viță de vie	Curmal Migdal

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.16

Toleranța la salinitate a câtorva plante (mg/100 g sol)

Cultura	Intervalul de toleranță la salinitate			Toleranța agronomică relativă la salinitate		
	Reziduu mineral	Cl^-	Na^+	Reziduu mineral	Cl^-	Na^+
Cereale						
Orz	100-750	18-230	23-175	260	70	65
Grâu	100-700	18-210	23-160	230	55	50
Ovăz	80-600	11-175	16-135	200	50	45
Secară	60-500	7-140	13-115	180	45	40
Porumb	120-400	18-120	25-100	250	60	55
Leguminoase						
Sparcetă	100-850	18-250	23-200	230	55	50
Lucernă	100-750	18-230	23-175	350	95	75
Măzăriche	70-450	10-130	15-105	150	35	30
Mazăre	60-400	10-120	13-100	80	20	15
Fasole	70-300	10-80	15-70	120	30	25
Plante tehnice						
Ricin	200-950	50-290	45-210	700	210	160
Floarea-soarelui	150-950	30-290	35-120	450	130	105
Sfeclă de zahăr	150-900	30-280	35-200	450	130	105
Plante de nutreț						
Sfeclă furajeră	250-950	60-290	55-210	530	150	120
Iarbă de Sudan	100-700	18-210	23-160	300	80	70

Tabelul 6.17

Conținutul maxim în săruri solubile până la care se pot obține producții normale (mg/100 g sol) (după *Canarache A.*, 1979)

Specia	Textura solului		
	Nisipoasă	Lutoasă	Argiloasă
Orz	70	200	270
Grâu	40	110	150
Ovăz	50	140	190
Porumb	65	200	260
Fasole	20	50	70
Floarea-soarelui	120	200	270
Sfeclă de zahăr	100	280	380
Lucernă	75	220	290
Sparcetă	30	90	120
Iarbă de Sudan	60	170	220
Sfeclă furajeră	150	430	580

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.18

Toleranța plantelor la conținutul solului în sodiu schimbabil (% din capacitatea totală de schimb cationic).

Sensibile (% Na / T< 15 %)	Semitolerante (% Na / T = 16 - 30 %)		Tolerante (% Na / T > 31 - 45%)
Fasole Grapefruit Lămâi Nuc Piersic Porumb	Ceapă Grâu Iarbă de Sudan Lăptuca Lucerna Măzăriche Morcov Orez Ovăz	Păiuș Ridiche Raigras (Lolium) Secară Sorg Spanac Sparcetă Tomate	Bumbac Orz Orzoaică Pir crestat Sfeclă

Tabelul 6.19

Producții medii de nutreț obținute la câteva plante furajere cultivate pe o lăcoviște salinizată din Lunca Prutului (1991 - 1995)
(după *Teodorescu - Soare E.*, 1998)

Specia	Producția (s.u.)	
	q/ha	%
Lucernă	41,2	100
Iarbă de Sudan	127,7	310
Raigras	72,4	176
Obsigă nearistată	70,5	171
Trifoi roșu	39,1	95
Sparcetă	91,1	221
Golomăț	83,9	204

La noi în țară s-au obținut rezultate bune când s-au cultivat pe sărături culturi de toamnă ca: grâu, secară, orz, rapiță și borceag. Culturile trebuie însămânțate devreme, în cursul lunii septembrie, pentru ca să se dezvolte bine până la venirea frigului. Cu umezeala din toamnă și din primăvară aceste plante cresc și ajung la maturitate. Dintre culturile de primăvară dau rezultate bune iarba de Sudan, sorgul, lucerna, floarea-soarelui, latirul, mazărea ș.a. *Nițu I.* și colab. (1985), cultivând orzoaică de primăvară pe sol salinizat la Măxineni - Brăila obțin recolte normale când conținutul în săruri nu depășește 0,35 g/100 g sol, cu 10 - 20 % mai mici pentru intervalul de salinitate 0,35 - 0,50 g/100 g sol și cu 40 - 60 % mai mici în intervalul 0,50 - 0,60 g/100 g sol. Pe o lăcoviște salinizată din lunca Prutului, jud. Iași, au dat producții bune de nutreț iarba de Sudan, sparceta, golomățul etc (tab 6.19). Sunt recomandate culturile succesive, deoarece reduc pierderile de apă prin evaporație la suprafața solului.

Intervalul toleranței la salinitate a plantelor de câmp în funcție de adâncimea medie a sistemului rădăcinilor este prezentat în tabelul 6.20.

Pe terenurile salinizate fără denivelări pronunțate se pot amenaja orezării, asigurându-se în acest fel o valorificare superioară și chiar o ameliorare a acestor soluri. În aceste orezării se poate aplica următoarea rotație a culturilor: 4 ani cu orez, 1 an floarea soarelui sau lucernă (sola săritoare) și 1 an orz de toamnă.

Pe terenuri salinizate care conțin mai puțin de 0,5 % săruri nocive se poate planta viță de vie căci, deși dă producții mai mici decât pe solurile nesalinizate,

Scanned with OKEN Scanner

strugurii acumulează cantități mai mari de zahăr, substanțe aromate şi tanin, obținându-se vinuri de calitate superioară.

Tabelul 6.20

Variația valorilor limită ale intervalului toleranței la salinitate a plantelor de câmp în funcție de adâncimea medie a sistemului radicular luat în considerație (după *Sandu Gh.* şi colab., 1986)

Planta	Reziduu mineral (g/100 g sol) la adâncimea de:		
	0 - 20 cm	0 - 40 cm	0 - 60 cm
Cereale			
Orz	0,10 - 1,00	0,10 - 0,90	0,10 - 0,90
Grâu	0,10 - 0,80	0,10 - 0,80	0,10 - 0,80
Ovăz	0,10 - 0,80	0,10 - 0,60	0,10 - 0,60
Secară	0,10 - 0,70	0,10 - 0,55	0,10 - 0,55
Porumb	0,10 - 0,65	0,10 - 0,60	0,10 - 0,50
Plante tehnice			
Ricin	0,25 - 1,25	0,25 - 1,20	0,25 - 1,20
Floarea-soarelui	0,20 - 1,10	0,20 - 1,05	0,20 - 1,00
Sfeclă de zahăr	0,25 - 1,10	0,20 - 1,05	0,20 - 1,00
Plante furajere			
Sfeclă furajeră	0,25 - 1,20	0,25 - 1,00	0,25 - 0,95
Iarbă de Sudan	0,10 - 0,85	0,10 - 0,75	0,10 - 0,70
Leguminoase			
Sparcetă	0,10 - 1,00	0,10 - 0,90	0,10 - 0,90
Lucernă	0,10 - 1,00	0,10 - 0,80	0,10 - 0,70
Măzăriche	0,07 - 0,60	0,07 - 0,55	0,07 - 0,55
Mazăre	0,06 - 0,45	0,06 - 0,40	0,06 - 0,35
Fasole	0,05 - 0,40	0,06 - 0,35	0,06 - 0,30

Lucerna şi ghizdeiul cultivate pe un sol sodic amendat cu 20 t/ha fosfogips şi fertilizat cu 300 kg/ha sulfat de amoniu, la Socodor, jud. Arad, au dat producții medii de 10 - 15 t/ha masă verde (tab. 6.21).

Din punct de vedere calitativ, recoltele obținute pe sărături sunt inferioare celor realizate pe alte terenuri. Cerealele formează mai multe paie, sfecla acumulează mai puțin zahăr, plantele furajere conțin un procent prea mare de săruri. Unul din mijloacele de valorificare a solurilor salinizate este şi împădurirea, căci vegetația lemnoasă împiedică acumularea sărurilor în orizonturile superioare ale solului şi contribuie la spălarea lor în adâncime. Speciile principale care pot fi folosite la împădurire sunt:

- ✓ pe soluri slab salinizate pinul negru, plopul alb, arțarul tătărăsc, sălcioara, cătina albă, glădița;
- ✓ pe soluri mediu salinizate sălcioara, cătina albă, cătina roşie, gărdurarița;
- ✓ pe soluri puternic salinizate sălcioara, cătina roşie şi albă, gărdurarița.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.21

Producția unor ierburi perene pe solonețul vertic-sodic de la Socodor (media pe trei ani) (după *Sandu Gh.* și colab., 1986)

Cultura	Producția		Diferența
	kg/ha	%	(kg/ha)
Puccinellia distans	5280	100	-
Trifolium angulatum	5950	112	67
Trifolium ornithopodioides	7460	141	218
Lucernă (*Medicago sativa*)	10750	203	547
Ghizdei (*Lotus corniculatus*)	15190	268	891
Puccinellia distans + *Trifolium angulatum*	5080	96	- 20
Puccinellia distans + *Trifolium ornithopodioides*	4560	86	- 72
Puccinellia distans + lucernă (*Medicago sativa*)	10790	204	55
Puccinellia distans + ghizdei (*Lotus corniculatus*)	12430	235	71
Puccinellia distans + lucernă (*Medicago sativa*) + *Trifolium angulatum* + *Trifolium ornithopodioides*	7660	145	23

Pe sărăturile impermeabile unde poate fi adusă apă dulce, se pot amenaja heleștee pentru creșterea peștilor. După 4 - 5 ani, aceste heleștee pot fi desecate, pe fundul lor rămânând o cantitate oarecare de materie organică din fitoplancton și zooplancton. O parte din săruri sunt spălate în adâncime și astfel se creează condiții favorabile pentru cultura plantelor agricole.

6.4.2 Folosirea amendamentelor și îngrășămintelor

Pe solurile salinizate este necesar sa se aplice amendamente și se pot folosi săruri solubile cu calciu cum ar fi: clorura de calciu, gipsul, fosfogipsul precum și acizi sau substanțe cu caracter acid. (acidul sulfuric, sulful, sulfatul de fier și aluminiu, sulfatul de calciu, praful de lignit etc) (tab. 6.22).

Tabelul 6.22

Amendamente chimice pentru solurile sărăturate (după *FAO.*, 1973)

Amendamentul	Echivalentul la 1 t gips aplicat (t)
Ghips (100 % $CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$)	1,00
Fosfogips (80 % $CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$)	1,25
Clorură de calciu ($CaCl_2 \cdot 2\ H_2O$)	0,85
Acid sulfuric concentrat (H_2SO_4)	0,57
Sulf	0,19
Carbonat de calciu (100 % $CaCO_3$)	0,58
Spumă de defecație de la fabricile de zahăr(50 % $CaCO_3$)	1,16
Sulfat feros ($FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$)	1,62
Sulfat de aluminiu ($Al_2\ (SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O$)	1,29
Polisulfură de calciu (CaS_5 cu 24 % sulf)	0,77

Scanned with OKEN Scanner

Acțiunea principală a amendamentelor constă în înlocuirea sodiului schimbabil din complexul coloidal cu calciul din amendamente, ceea ce duce la îmbunătățirea însuşirilor fizice, chimice şi microbiologice ale solului. *Obrejanu G.* şi colab. (1966), arată că prin aplicarea ghipsului şi a fosfogipsului asociat cu spălarea, pe un soloneț-solonceac la Ruşeţu, s-a realizat o înlocuire aproape totală a sodiului activ din stratul arabil (tab. 6.23 şi 6.24). *Lactianov*, citat de *Măianu Al.* (1964), obține o îmbunătățire evidentă a permeabilității şi structurii unui sol solonețizat, folosind ca amendament sulfatul de fier. Pentru solonețuri şi soluri solonețizate care conțin carbonați solubili, se vor folosi ca amendamente sulful, acidul sulfuric, aciferul, fosfogipsul etc.

Tabelul 6.23

Bilanțul rezidual mineral din sol (t/ha) după aplicarea udărilor de spălare la Ruşeţu, jud. Buzău (după *Gr. Obrejan*, 1966)

Adâncimea cm	Înainte de spălare	După prima spălare	După a II-a spălare	Înainte de spălare	După prima spălare	După a II-a spălare
	Norma de spălare 5.000 m^3/ha			Norma de spălare 7.500 m^3/ha		
0 - 30	41,5	12,5	9,1	45,3	16,9	9,5
0 - 75	113,7	60,7	51,6	100,5	60,5	28,8
0 - 105	144,6	97,6	83,2	117,5	81,1	41,6
0 - 195	199,9	186,9	171,7	143,3	116,7	78,8
	Norma de spălare 10.000 m^3/ha			Norma de spălare 15.000 m^3/ha		
0 - 30	59,8	28,8	13,0	59,8	18,0	11,6
0 - 75	130,2	115,8	42,9	119,0	63,9	51,9
0 - 105	161,0	137,5	56,7	144,4	95,8	76,2
0 - 195	247,2	207,1	118,5	227,0	158,0	104,8

Tabelul 6.24

Influența ghipsului şi fosfoghipsului asupra înlocuirii sodiului schimbabil pe un soloneț - solonceac

Amendament folosit	Cantitatea de		Ca^{++} schimbabil	Na^{+} schimbabil	Na^{+} schimbabil activ
	amendament (t/ha)	apă de spălare (m^3/ha)	% din suma bazelor		
Ghips	-	-	26,70	18,82	14,82
	4,80	1.500	41,62	7,84	2,84
	7,80	3.000	44,59	4,48	0,00
	10,80	4.500	47,64	4,41	0,00
Fosfogips	9,36	3.000	40,03	6,08	1,09
	12,96	4.500	43,91	4,74	0,00

Ghipsul nu este cel mai potrivit, deoarece formează pe suprafață o pojghiță protectoare de $CaCO_3$ care face ca reacțiile de schimb să se producă foarte încet. După *Sandu G.* (1975), doza de amendament se poate calcula cu formula :

$$Q = 0{,}086\left(Na - 0{,}1 \cdot T\right) + \left(C - l\right)H \cdot DA \qquad (6.3)$$

Scanned with OKEN Scanner

în care:

- Q - doza de amendament (t/ha);
- Na - conținutul în sodiu schimbabil (me/100 g sol);
- T - capacitatea de schimb cationic (me/100 g sol);
- C - conținutul în carbonați și bicarbonați de sodiu (CO_3^{2-}, HCO_3^{2-}) din extractul apos (me/100 g sol);
- l - cantitatea de (CO_3^{2-}, HCO_3^{2-}) din extractul apos care nu este toxică pentru plante (me/100 g sol);
- H - grosimea stratului de sol ce se ameliorează (cm);
- DA - densitatea aparentă (g/cm^3).

Davidescu Velicica și *Davidescu D.* (1999) menționează următoarea formulă pentru calculul dozei de amendament:

$$D = a \cdot G_s \left[\left(b - T\frac{c}{100} \right) + d \right] e \cdot f \cdot g \qquad (6.4)$$

în care:

- D - doza de amendament (kg/ha);
- a - valoarea de acidifiere a amendamentului: ghips ($CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$) - 1; fosfogips - 1,25; acid sulfuric concentrat - 0,38; sulf elementar - 0,18.
- G_s - greutatea stratului de sol care se ameliorează (kg);
- b - cantitatea de sodiu schimbabil (me/100 g sol);
- T - capacitatea de schimb cationic (me/100 g sol);
- c - % sodiu care nu este nociv pentru plante (5 - 12 % din T, deci $C/100$ va fi cuprins între 0,05 - 0,12);
- d - conținutul de carbonat și bicarbonat de sodiu rezidual, în extract apos, care rezultă din diferența ($HCO_3^- + CO_3^-$) - ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$) și a cărei limită admisă este zero;
- e - modul de administrare (0,4 - solubilizat în apa de spălare; 0,6 - împrăștiat la suprafața solului, urmat de spălare);
- f - gradul de mineralizare a apei de spălare: 0,7 pentru apa bogată în cationi bivalenți (1,5 - 2,5 g/l); 1,3 pentru ape sărace în cationi bivalenți (1,5 g/l);
- g - efectuarea de lucrări de desfundare-drenare (0,7 - pe soluri cu $CaSO_4$; 0,9 - cu spălare; 1,0 - fără spălare).

Măianu Al. (1964) arată că dozele de gips necesare pentru ameliorarea diferitelor soloneţuri din Valea Călmăţuiului au variat între 5 şi 30 t/ha, în medie 15 - 20 t/ha. La aplicarea diferitelor doze de fosfogips şi praf de lignit pe un sol la Ruşeţu - Buzău s-au obţinut importante sporuri de recoltă la grâu, porumb, floarea soarelui ş.a. (tab. 6.25).

În tabelul 6.26 sunt prezentate cantităţile de amendamente necesare pentru a reduce sodiul schimbabil din complexul coloidal al solului pe o adâncime de 30 cm (după *Richards*, citat de *Staicu I.*, 1969). La Socodor, jud. Arad, diferite amendamente asociate cu îngrăşăminte chimice au sporit evident producţia la iarba de Sudan (tab. 6.27).

Scanned with OKEN Scanner

Pe solodii şi soloneţuri solodizate acide, în Ungaria se practică acoperirea solului cu un strat de pământ bogat în carbonat de calciu, scos din subsol (digozaj). În cazul aplicării irigaţiei de spălare, după tratarea cu amendamente şi mai ales când ghipsul este administrat odată cu apa de spălare, normele de amendamente pot fi reduse la 2/3 faţă de cele calculate, pentru acelaşi efect de ameliorare a solului. Dizolvarea amendamentelor în apa de spălare este eficace numai în cazul celor solubile.

Tabelul 6.25

Influenţa diferitelor doze de fosfogips şi asupra producţiei unor culturi agricole pe un soloneţ la Ruşeţu - Buzău (după *Sandu Gh.* şi colab., 1886).

Doza (t/ha)	Grâu		Porumb		Floarea-soarelui		Sfeclă de zahăr		Sfeclă furajeră	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Fosfogips										
Mt	3257	100	3866	100	3163	100	-	-	-	-
4	4262	-	4287	-	3945	-	-	-	-	-
8	3973	-	4465	-	4528	-	-	-	-	-
12	4434	-	4660	-	4469	-	-	-	-	-
Mt	2370	100	-	-	2405	100	34,7	100	16,0	100
5	3044	-	-	-	2808	-	43,7	-	26,9	-
10	3224	-	-	-	3016	-	46,0	-	34,8	-
20	3334	-	-	-	3247	-	46,6	-	45,4	-
Praf de lignit										
Mt	3536	100	-	-	2796	100	-	-	36,7	100
4	3960	-	-	-	3040	-	-	-	52,4	-
8	3912	-	-	-	3222	-	-	-	60,9	-
12	3779	-	-	-	3339	-		-	73,7	-

Tabelul 6.26

Cantitatea de amendamente (t/ha) necesară pentru ameliorarea solului până la 30 cm adâncime

Sodiu schimbabil (mg/100 g sol)	Ghips	Sulf	Sulfat de fier	Carbonat de calciu	Clorură de calciu
1,0	4,19	0,79	6,80	2,47	2,71
3,0	12,84	2,37	20,59	7,41	8,51
5,0	21,24	2,95	34,33	12,35	13,58

Eficacitatea amendamentelor cu calciu creşte atunci când acestea sunt asociate cu îngrăşăminte organice, deoarece se degajă bioxid de carbon, care împreună cu carbonatul de calciu şi cu apa formează bicarbonat de calciu, care este de 94 ori mai solubil. Gunoiul de grajd se poate administra în cantităţi de 30 - 50 t/ha iar ca îngrăşământ verde se pot folosi plante care cresc pe aceste terenuri: sulfina, iarba de Sudan, pirul gros etc. Pe un soloneţ sodic la Socodor, jud. Arad, gunoiul de grajd aplicat împreună cu fosfogips şi îngrăşăminte chimice a avut ca efect

Scanned with OKEN Scanner

dublarea recoltei la grâu, iarbă de Sudan şi sorg (tab. 6.28). La Ruşeţu - Buzău, îngrăşămintele cu azot pe agrofond de gunoi de grajd a sporit recolta mai mult la sfecla pentru zahăr şi mai puţin la grâu iar azotatul de amoniu a dat rezultate mai bune decât sulfatul de amoniu sau ureea (tab. 6.29). Pe soloneţuri şi solonceacuri are efect favorabil sulful dar, terenul trebuie cât mai bine lucrat, pentru ca thiobacteriile să oxideze sulful din sol şi să-l transforme în acid sulfuric. Praful de lignit, în doze de 30 - 50 t/ha are, de asemenea, o acţiune favorabilă datorită sulfului pe care îl conţine. Pentru ameliorarea sărăturilor se mai poate folosi nisipul spălat de săruri sau orizontul *A* de la cernoziom, care se dispune într-un strat gros de 8 - 10 cm la suprafaţa solului. Amendamentele influenţează favorabil rezistenţa plantelor la boli şi dăunători şi contribuie la îmbunătăţirea calităţii produselor agricole. Pe terenurile ameliorate prin spălare se obţin, în general, recolte scăzute dacă nu se distribuie îngrăşăminte în doze mari, pentru că în timpul aplicării udărilor de spălare se îndepărtează şi o parte din substanţele nutritive necesare plantelor. Prezintă importanţă, în primul rând, îngrăşămintele azotate, care se aplică în doze de 100 - 200 kg/ha substanţă activă. De asemenea, se folosesc îngrăşăminte cu fosfor şi cu unele microelemente.

Tabelul 6.27

Influenţa amendamentelor şi fertilizării asupra producţiei de iarbă de Sudan m.v. (kg/ha) pe solonetul molic-vertic cu coloane la adâncime mijlocie de la Socodor (media pe trei ani) (după *Sandu Gh.* şi colab., 1986)

Varianta	Producţia
Martor	12.506
Sulf 2,5 t/ha + $N_{96}P_2O_5$ - 54	17.880
Fosfogips 30 t/ha + N_{96}+P_2O_5 - 54	20.426
Sulf 1,25 t/ha +fosfogips 15 t/ha + N_{96}+P_2O_5 - 54	19.733
Praf de lignit 30 t/ha + N_{96}+P_2O_5 - 54	15.315
Praf de lignit 10 t/ha + sulf 0,833 t/ha + fosfogips 10 t/ha + N_{96}+P_2O_5 - 54	18.113

Tabelul 6.28

Eficienţa amendamentelor şi îngrăşămintelor aplicate pe un soloneţ sodic la Socodor, jud. Arad (după *Colibaş I.*, 1968)

Fosfogips (t/ha)	Gunoi (t/ha)	Azot (kg/ha)	Fosfor kg/ha	Grâu		Sorg boabe		Iarbă de Sudan m.v.	
				kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Martor netratat				340	100	630	100	45,0	100
20	-	-	-	682	200	1022	162	78,5	174
-	30	-	-	372	109	635	101	81,3	181
-	-	40	54	651	191	788	125	70,5	157
20	30	-	-	712	209	967	153	74,9	166
20	30	49	54	1236	363	1159	184	112,5	250
20	-	40	54	1208	355	1154	183	106,3	236
-	30	40	54	665	195	764	121	62,0	138

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6.29

Influența sortimentelor și dozelor de azot asupra producției unor culturi agricole (kg/ha) la S.C.P.C.O. Ruşeţu (după *Sandu Gh.* Şi colab., 1968)

Pe agrofonduri de gunoi de grajd				Pe sortimente de îngrăşăminte			
	N (kg/ha s.a.)	Grâu de toamnă *Aurora*	Sfeclă furajeră *Rote Walze*		N (kg/ha s.a.)	Grâu de toamnă *Aurora*	Sfeclă furajeră *Rote Walze*
20 t/ha gunoi	Mt	3.200	66.833	Azotat de amoniu	Mt	3.455	72.590
	60	2.933	84.534		60	4.173	92.361
	120	4.296	102.341		120	4.607	117.659
	180	4.465	114.542		180	4.695	139.641
	240	5.058	134.472		240	4.897	165.882
30 t/ha gunoi	Mt	3.419	68.545	Sulfat de amoniu	Mt	3.466	76.770
	60	4.580	112.478		60	4.343	96.860
	120	4.452	120.190		120	4.437	110.410
	180	4.416	131.715		180	4.511	114.986
	240	4.538	147.937		240	4.725	140.326
40 t/ha gunoi	Mt	3.794	72.812	Uree	Mt	3.491	72.875
	60	4.134	94.604		60	3.908	88.642
	120	4.528	101.895		120	4.358	107.493
	180	4.580	127.388		180	4.489	122.000
	240	4.641	149.361		240	4.616	135.562

Notă: Regim natural - Soloneț molic-vertic în complex cu solonețul molic cu coloane la adâncime mică
Perioada de exploatare - Sol aluvial, molic, salinizat şi alcalizat slab.

Tabelul 6.30

Producția obținută la orez pe sol salinizat secundar şi ameliorat (după *Măianu Al.*, 1964)

Îngrăşăminte aplicate (kg s.a./ha)	Producția		Spor de producție	
	kg/ha	%	kg/ha	%
Martor nefertilizat	2150	100	-	-
150 N	2850	179	1700	11,3
150 P_2O_5	2342	109	192	1,3
100 N + 50 P_2O_5	4995	232	1845	12,3
100 N + 150 P_2O_5	5120	238	2970	11,8
150 N + 100 P_2O_5	5540	258	3390	13,5
100 N + 150 P_2O_5	6520	303	4370	12,5

Pe un sol aluvial puternic salinizat secundar, la Berteşti, jud. Brăila, îngrăşămintele cu azot şi fosfor, aplicate după îndepărtarea excesului de săruri, au sporit recolta de orez de la 2.150 kg/ha la 6.520 kg/ha (tab. 6.30) iar la grâu, porumb, fasole, sfeclă pentru zahăr şi iarbă de Sudan s-a înregistrat o dublare şi chiar o triplare a producției (tab. 6.31). În lunca Prutului, la Osoi - Moreni, jud. Iaşi, îngrăşămintele cu azot şi fosfor aplicate pe o lăcoviște salinizată au sporit

Scanned with OKEN Scanner

recolta preponderent la orz, floarea soarelui, soia şi iarba de Sudan (tab. 6.32). Asocierea îngrăşămintelor cu irigarea a dublat producţia de boabe la porumb (tab. 6.33). Pe un soloneţ la Sânmihaiul, jud. Timiş, manganul în doză de 4 - 8 kg/ha aplicat împreună cu 18 t/ha fosfogips a sporit recolta la secara furajeră cu 8,0 - 16,7 g/ha (*Oprea C. V.* şi colab., 1971).

Tabelul 6.31

Efectul îngrăşămintelor cu azot şi fosfor aplicate pe un sol salinizat secundar şi ameliorat prin spălare la Berteşti, jud. Brăila (1964-1966) (după *Măianu Al.* şi colab., 1967)

Varianta	Grâu		Fasole		Porumb boabe	
	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%
Nefertilizat	8,5	100	8,9	100	35,9	100
N_{50}	25,1	295	11,9	134	59,5	166
$N_{50}P_{50}$	27,7	326	13,1	147	59,6	166
$N_{100}P_{100}$	31,3	368	15,0	168	64,1	178
	Porumb m.v.		Sfeclă de zahăr		Iarbă de Sudan	
Nefertilizat	69,5	100	205,6	100	22,4	100
N_{50}	161,0	232	300,3	146	91,3	407
$N_{50}P_{50}$	173,0	249	331,9	161	91,9	410
$N_{100}P_{100}$	236,9	341	410,9	200	144,1	643

Tabelul 6.32

Eficienţa îngrăşămintelor aplicate pe o lăcoviştе salinizată din lunca Prutului, jud. Iaşi (1991 - 1995) (după *Teodorescu-Soare E.*, 1998)

Azot (kg/ha)	Fosfor (kg/ha)	Grâu		Orz		Porumb		Floarea soarelui		Soia		Iarbă de Sudan	
		kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Martor		2687	100	1879	100	3809	100	1765	100	2089	100	13100	100
50	25	2911	108	2147	114	4085	107	2101	119	2304	110	14400	111
100	50	3130	116	2516	134	4383	115	2382	135	2534	121	15900	122
150	75	3428	128	2840	151	4695	123	2670	151	2771	133	17500	134
200	75	3231	120	2677	142	4519	119	2512	142	2656	127	18000	138

Tabelul 6.33

Influenţa diferitelor doze de fosfogips şi a unor norme de spălare asupra producţiei de porumb pe un solonceac la Ruşeţu - Buzău (după *Sandu Gh.* şi colab., 1986)

Doza de fosfogips (t/ha)	Norma udărilor de spălare (m^3/ha)							
	5000		7500		10.000		15.000	
	Producţia de porumb boabe							
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Martor	1448	100	2320	100	2011	100	1875	100
4	2418	167	3076	133	3369	168	3237	173
8	2702	187	3722	160	3681	183	3996	213
12	2932	202	4066	175	4229	210	4724	252

Scanned with OKEN Scanner

La Ruşeţu, jud. Buzău, lucrările de amendare şi spălare aplicate pe un sol salinizat au determinat dublarea recoltei de porumb (tab. 6.33).Îngrăşămintele cu azot şi fosfor aplicate pe un soloneţ moderat salinizat, după amendare cu 3 t/ha fosfogips şi spălare cu 5.000 m^3 apa, au sporit producţia de masa verde, la unele ierburi perene, cu 47 - 103 % (tab. 6.34).

Tabelul 6.34

Producţia de masă verde obţinută la unele sortimente de ierburi perene la S.C.P.C.O. Ruşeţu (anul al doilea) (după *Sandu Gh.* Şi colab., 1986)

Sortimentul de ierburi	Tratamentul (kg/ha)	Producţia de m. v. (q/ha) de la coasa I şi a II-a	Diferenţa de producţie (% faţă de martor)	% faţă de martorul nefertilizat
Festuca pratensis	Mt	309,1	-	100
	50 N	361,7	52,6	117
	100 N	389,2	80,1	126
	150 N	432,0	122,9	140
	50 P_2O_5	476,3	167,2	154
Dactylis glomerat	Mt	320,0	-	100
	50 N	369,0	49,0	115
	100 N	426,2	106,2	133
	150 N	459,7	139,7	144
	50 P_2O_5	513,7	193,7	160
Bromus inermis	Mt	211,7	-	10
	50 N	231,7	20,0	109
	100 N	288,8	77,1	136
	150 N	349,7	138,3	165
	50 P_2O_5	431,0	299,2	203
Lolium multiflorum	Mt	265,7	-	100
	50 N	310,5	44,8	117
	100 N	323,0	57,3	122
	150 N	347,3	81,5	131
	50 P_2O_5	391,2	125,5	147

Pentru îmbunătăţirea însuşirilor fizice ale solului salinizat se pot folosi diferite produse macromoleculare sintetice (poliacrilaţi, polistireni etc).

6.4.3 Lucrările solului

Pentru a evita salinizarea secundară a solului sunt necesare mobilizări repetate ale acestuia la suprafaţă, aplicarea îngrăşămintelor minerale şi organice, nivelarea înainte de însămânţare etc. Toate măsurile menţionate urmăresc reducerea pierderilor de apă prin evaporaţie şi împiedicarea stabilirii unui curent ascendent al apei în sol.

Pe aceste terenuri se execută afânarea adâncă de toamnă, până la 45 - 50 cm, fără întoarcerea brazdei, în vederea înmagazinării unor cantităţi cât mai mari de apă din precipitaţii. Afânarea adâncă a solului şi amendamentele aplicate pe un sol

Scanned with OKEN Scanner

columnar au sporit recolta la grâu şi orz cu 34,62 % şi respectiv 23,9 % (tab 6.35). După fiecare udare sunt necesare afânări repetate ale stratului superficial al solului, tot pentru a se evita pierderile de apă prin evaporaţie. Aplicarea corectă a lucrărilor solului şi a îngrăşămintelor duce la sporirea masei vegetale a plantelor, acoperirea mai bună a terenului cu vegetaţie, reducerea evaporaţiei şi creşterea coeficientului de utilizare a apei de irigare.

Tabelul 6.35

Influenţa gipsului şi a adâncimii de lucrare a unui sol salinizat* asupra producţiei de grâu şi orz (după *Sambur G. N.*, 1955)

Adâncimea arăturii (cm)	Ghips (t/ha)	Orz		Grâu	
		q/ha	%	q/ha	%
18 - 20	-	24,13	100,0	7,5	100,0
18 - 20	4	25,20	104,4	11,7	148,0
30	-	27,91	115,7	9,6	128,0
30	4	25,13	104,3	10,1	134,6
65	-	25,84	107,1	16,0	113,0
65	4	29,87	123,9	16,7	122,0

* soloneţ columnar

Tabelul 6.36

Influenţa nivelării capitale asupra unor indici amelioratori ai stratului superficial de sol (0 - 20 cm) (după *Gh. Sandu*, 1984)

Tipul genetic de sol în regim natural	Reziduu mineral (g/100g sol)		Na (%T)		$CaCO_3$ (g/100g sol)	
	în regim natural	după nivelare	în regim natural	după nivelare	în regim natural	după nivelare
Solonceac cambic-gleic	1,14	0,69	29,37	28,90	4,72	5,46
Soloneţ şi solonceac cambic gleic	0,85	0,60	30,52	28,60	5,38	5,31
Soloneţ verti-gleic moderat salinizat	0,61	0,55	28,08	22,02	6,67	5,25
Soloneţ modic-gleic moderat salinizat	0,44	0,43	23,28	23,30	5,02	5,25
Soloneţ modic-cambic cu coloane la mică adâncime	0,30	0,41	34,98	31,40	6,25	6,03
Soloneţ modic-cambic cu coloane la adâncime mijlocie	0,41	0,68	34,60	25,20	5,75	5,70

Ameliorarea solurilor salinizate prin spălarea sărurilor solubile din stratul arabil îşi atinge scopul dacă terenul este în prealabil nivelat, apoi arat adânc, grăpat şi netezit cu o târşitoare sau cu un tăvălug uşor. În acest fel se asigură o distribuire şi o infiltrare uniformă a apei în sol, dizolvarea şi îndepărtarea unei cantităţi mai mari de săruri. Determinări făcute pe diferite tipuri de sol, menţionate în tabelul

Scanned with OKEN Scanner

6.36, dovedesc ca nivelarea capitală, aplicată împreună cu alte măsuri ameliorative, a contribuit în mod evident la desalinizarea solului. Datele din tabelul 6.37 arată că arătura şi nivelarea solului prin tăvălugire au redus procentul de clor din sol de la 71,3 % la 23,0 %.

Tabelul 6.37

Influenţa lucrărilor solului asupra conţinutului de clor (%)
(după *Măianu Al.*, 1964)

Adâncimea (cm)	Înainte de spălare	După spălare		
		nearat	arat	arat şi tăvălugit
0 - 20	1,191	0,425	0,084	0,026
20 - 40	0,515	0,357	0,108	0,048
40 - 60	0,258	0,221	0,178	0,088
60 - 80	0,146	0,296	0,226	0,088
80 - 100	0,098	0,272	0,257	0,248
% din total	100,0	71,3	38,6	23,0

După efectuarea spălării şi după zvântare, solul trebuie lucrat cu grapa şi cultivatorul, pentru a întrerupe capilarele prin care se poate restabili un curent ascendent al apei şi deci mărirea conţinutului în săruri, în straturile superficiale ale solului. După 60 zile de la spălare, conţinutul în clor pe terenul grăpat devine numai de 3,5 ori mai mare iar pe terenul negrăpat de 38 ori (tab. 6.38).

Tabelul 6.38

Influenţa grăpatului asupra conţinutului solului în cloruri(%) (după *Măianu Al.*, 1964)

Timpul recoltării probelor de sol	Teren grăpat	Teren negrăpat
15 zile după grăpare	0,002	0,002
30 zile după grăpare	0,003	0,008
45 zile după grăpare	0,005	0,027
60 zile după grăpare	0,007	0,076

Pe timp ploios, solurile salinizate reţin multă apă iar pe timp secetos solul se întăreşte mult şi se fisurează; de aceea, arătura trebuie să se facă la umiditate potrivită (16 - 17 % din greutatea solului uscat). În ţara noastră, solurile salinizate se ară bine la începutul toamnei şi spre sfârşitul primăverii. Celelalte lucrări, cum ar fi grăpatul, discuitul etc este bine să se facă, de asemenea, la o umiditate potrivită.

La stabilirea adâncimii arăturii trebuie să se ţină seama de conţinutul în săruri al diferitelor orizonturi ale solului. La solodii şi soloneţuri, cantitatea de săruri creşte de la suprafaţă spre adâncime şi, de aceea, arăturile trebuie făcute superficial, la 15 - 18 cm sau se poate afâna mai adânc, fără întoarcerea brazdei. La Ruşeţu, jud. Buzău, pe un sol puternic salinizat arătura cu plugul fără cormană s-a dovedit mai potrivită decât arătura obişnuită sau lucrarea solului cu cizelul. Pe

Scanned with OKEN Scanner

parcela arată fără întoarcerea brazdei s-au obținut cele mai mari recolte de sfeclă furajeră (tab. 6.39). Când se aplică amendamente, îngrășăminte organice şi udări, arătura se poate face mai adânc, până la 30 - 35 cm. Pe solurile salinizate care prezintă straturi impermeabile intercalate cu straturi permeabile sau pe cele care conțin în adâncime cantități însemnate de ghips, se fac arături foarte adânci, folosindu-se pluguri adecvate, scarificatoare sau se efectuează subsolajul.

Tabelul 6.39

Influența arăturilor asupra producției de sfeclă fuerajeră (kg/ha)*
(după *Sandu Gh.*, 1955)

Variantele experimentale	Producția	
	Media (kg/ha)	%
Martor - arat la 20 cm adâncime cu plugul cu cormană	16870	100
Arat la 20 cm adâncime cu plugul cu cormană + 10 cm subsolaj	21230	126
Arat la 20 cm adâncime cu plugul cu cormană + 20 cm subsolaj	22050	131
Arat la 25 cm adâncime cu plugul cu cormană + 15 cm subsolaj	20400	121
Arat la 20 cm adâncime cu plugul fără cormană	27070	160
Arat la 30 cm adâncime cu plugul fără cormană	18880	113
Arat la 40 cm adâncime cu plugul fără cormană	27690	164
Arat (scormonit) la 20 cm adâncime cu cizelul	16900	100
Arat (scormonit) la 30 cm adâncime cu cizelul	18340	109
Arat (scormonit) la 40 cm adâncime cu cizelul	19750	117

* Regim natural - soloneț molic-vertic puternic salinizat

6.3.4. Întreținerea culturilor

Culturile însămânțate pe terenuri salinizate şi ameliorate trebuie să primească, în timpul vegetației, repetate lucrări de sfărâmare a crustei şi afânare a stratului superficial al solului pentru a reduce evaporația, evitarea formării unui curent ascendent al apei şi sporirea conținutului în săruri a orizontului superior al solului. Este de dorit ca terenul sa fie acoperit de vegetație o perioadă cât mai lungă de timp pentru ca apa şi sărurile să fie absorbite de plante şi acestea să umbrească solul reducând, cât mai mult evaporația. Se preferă speciile cu rădăcini profunde (porumb, lucernă, floarea soarelui etc) care por valorifica bine condițiile pedoclimatice din zona respectivă. După plante care se recoltează în vară trebuie însămânțate culturi succesive iar irigarea să asigure răsărirea şi creşterea normală a plantelor, fără a determina ridicarea nivelului pânzei freatice. Terenul trebuie sa fie bine nivelat şi la udare se aplica norme mici pentru ca apa să nu bălțească în depresiuni.

Scanned with OKEN Scanner

Pe terenurile slab şi moderat salinizate irigarea contribuie la diluarea soluţiei solului şi reducerea afluxului capilar de apă şi săruri din apa freatică. Udările aplicate la un plafon minim de 65 % din intervalul umidităţii active contribuie, în timp de 3 - 4 ani, la scăderea conţinutului în săruri solubile a solului cu 20 - 100 mg/100 g sol, în stratul 0 - 100 cm, pe terenurile slab salinizate. În zonele depresionare, cu adâncimea apei freatice cuprinsă între 0,6 - 1,8 m şi cu mineralizare de 2,2 - 10,1 g/l, neaplicarea irigaţiei duce la creşterea salinităţii solului cu 10 - 60 mg/100 g sol în stratul 0 - 100 cm, în decurs de 3 - 4 ani (*Zamfirache V.* şi colab. 1991).

6.4. Particularităţile culturii orezului pe soluri salinizate

În ţările cu climat cald, cum sunt India, Egipt, Spania etc, o parte dintre solurile salinizate sunt valorificate prin amenajări orizicole. În ţara noastră s-au obţinut rezultate bune la amenajarea solurilor salinizate în vederea culturii orezului numai în zonele sudice, unde clima este potrivită pentru această specie.

Se fac mai întâi studii pedologice în care se evidenţiază textura solului şi variaţia ei pe profil, salinizarea, alcalizarea şi natura sărurilor, gleizarea solului, panta terenului, formele de mezo şi microrelief, gradul de mineralizare şi adâncimea apei freatice etc. Amenajările orizicole se realizează pe terenuri cu panta mai mică de 3 % şi după cerinţa de spălare a sărurilor se disting trei situaţii:

- ✓ soluri cu conţinut în săruri mai mic de 0,60 - 0,70 g/100 g sol, la care spălarea se face în timpul perioadei de vegetaţie a orezului;
- ✓ soluri la care gradul de salinizare depăşeşte 0,68 - 0,70 g/100 sol şi spălarea trebuie să se execute în perioada de toamnă - primăvară până ce conţinutul în săruri coboară sub nivelul tolerat;
- ✓ soluri cu conţinut foarte ridicat în săruri, caz în care este necesar să se execute lucrări de spălare cu un an înainte de însămânţarea orezului şi se continuă în timpul cultivării lui.

Tabel 6.40

Variaţia concentraţiei în săruri a apei de spălare de suprafaţă şi cantitatea de săruri eliminată până la încheierea lanului de orez Polizeşti - Brăila (*Albescu L., Maniu A.*, 1983)

Salinitatea solului pe adâncimea 0- 20 cm (%)	Concentraţia în săruri (g/l) a apei de spălare din parcelă				Cantitatea de săruri (kg/ha) eliminate cu apa de spălare din parcelă				
	Spălarea		Evacuarea la		Spălarea		Evacuarea la		
	I	II	înrădăcinare	încheierea lanului	I	II	înrădăcinare	încheierea lanului	Total
1,500	3,6	0,8	0,5	1,0	3300	500	100	420	4320
0,700	2,6	0,5	0,6	1,0	2300	200	200	420	3120
0,400	1,8	0,5	0,3	0,8	1500	200	0	300	2000

Limita natriului schimbabil din sol pentru amenajările orizicole variază după textură: grosieră 20 - 25 % din capacitatea de schimb cationic; mijlocie 15 - 20 %

Scanned with OKEN Scanner

şi fină 12 - 15 % (*Sandu Gh.*, 1984). În funcţie de conţinutul în săruri a solului se alege metoda potrivită de irigare şi gospodărirea apei în parcela de orez, aplicarea îngrăşămintelor, erbicidelor etc. La Polizeşti, jud. Brăila, prin udările de spălare s-au eliminat din sol 2.000 - 4.320 kg/ha săruri (tab. 6.40). Irigarea prin submersiune continuă a dat cele mai mari producţii de orez pe un teren salinizat (tab. 6.41).

Toleranţa orezului la salinitate variază după faza de vegetaţie a plantei. În faza de la germinare la înfrăţire plantele sunt foarte sensibile. Prezintă importanţă şi tipul de salinizare a solului. Astfel, pragul de salinitate (reziduu mineral g/100 g sol) clorurică are valoarea 0,2; clorura sulfurică - 0,3 iar sulfato-sodică - 0,4 (*Sandu Gh.*, 1984).

Tabelul 6.41

Influenta regimului de irigare asupra producţiei de orez la Polizeşti - Brăila (*Maniu A., Albescu L.*, 1980)

Regimul de irigare	Salinitatea solului (g/100g sol)			
	0,4 - 0,6		0,6 - 0,8	
	kg/ha	%	kg/ha	%
Udări prin inundare 7 zile	2000	55	2421	39
Submersie intermediară (2- 3 udări în perioada de vegetaţie)	2950	82	2880	52
Submersie continuă cu strat variabil de apă (5 - 10 cm)	3620	100	3120	86

Amenajările orizicole de tip ameliorativ trebuie să dispună de o reţea de alimentare cu apă de irigat şi alta de desecare - drenaj - evacuare. Prima trebuie să asigure atât apa de irigare cât şi pe cea de spălare a sărurilor şi se amplasează pe cotele mai înalte. Reţeaua de desecare - drenaj - evacuare alternează cu prima şi este situată pe cote mai joase cu o diferenţă de nivel de 40 - 50 cm (fig. 5.17) şi trebuie să asigure menţinerea coborâtă a nivelului freatic, colectarea şi evacuarea apei şi sărurilor. Fără reţea de drenaj se produce ridicarea nivelului freatic şi salinizarea terenurilor din jur pe o distanţă de 100 - 300 m. Suprafaţa parcelelor de orezărie nu trebuie sa depăşească 2 - 2,5 ha pentru a se putea realiza o bună nivelare şi un control periodic a grosimii stratului de apă. În cadrul amenajării orizicole nu trebuie să existe suprafeţe de teren neirigat căci ele sunt ameninţate de salinizare. Pe parcursul perioadei de ameliorare a solului sunt necesare reamenajări, în special nivelări, precum şi corectarea reacţiei şi îmbunătăţirea unor proprietăţi ale solului. Prezintă importanţă aplicarea amendamentelor şi menţinerea unui curent descendent al apei pentru evacuarea sărurilor în exces. Efectul amendamentelor se resimte începând din anul al doilea după aplicare (tab. 6.42).

Pentru desalinizarea sau dezalcalinizarea unui strat de sol cu grosimea de 40 - 50 cm se consumă un volum de apă de 4.000 - 6.000 m^3/ha. În cazul solurilor cu viteza de infiltraţie de sub 0,5 l/sec/ha, pentru ca plantele sa nu sufere, în primul an de cultură a orezului şi în prima parte a perioadei lui de vegetaţie, evacuarea apei de submersie trebuie să se facă înainte ca concentraţia ei în săruri să

Scanned with OKEN Scanner

depăşească 1,0 - 1,5 g/l. În perioade mai avansate de vegetaţie, când plantele au toleranţa mai mare la salinitate împrospătarea apei se face când concentraţia ei în săruri ajunge la 2,5 - 3,0 g/l. La Polizeşti - Brăila, concentraţia în săruri a apei de spălare dintr-o parcelă de orez s-a dublat de la înrădăcinarea plantelor până la încheierea lanului (tab. 6.40).

Tabelul 6.42

Influenta amendamentelor asupra producţiei de orez la Polizeşti - Brăila

Doza de fosfogips (t/ha)	Producţia (kg/ha)	
	Anul I	Anul II
0	1293	1892
2	1403	2631
4	1518	3253
6	1952	3347

Durata perioadei de ameliorare a solurilor saline şi alcalice este de 6 - 8 ani. În primii ani, obiectivul principal fiind acela de ameliorare a solului şi nu producţia de orez. În primul stadiu se urmăreşte desalinizarea stratului arabil încât conţinutul de săruri să scadă sub 0,250 - 0,300 g/100g sol (salinizare cloruro-sulfatică). În stadiul al doilea se desalinizează stratul de sol în care se răspândesc rădăcinile şi se produce demineralizarea apelor freatice sub 4 - 6 g/l. În al treilea stadiu, se creează condiţii de vegetaţie pentru diferitele culturi de câmp care se pot cultiva în rotaţie cu orezul. Pe solurile unde predomină sulfaţii, spălarea se face la începutul toamnei, când apa este mai caldă. Pe aceste terenuri trebuie aplicate măsuri agrotehnice ameliorative (scarificare, arături la 30 - 35 cm adâncime, grăpare etc) care sa înlesnească eliminarea sărurilor din sol şi să împiedice resalinizarea. Cercetări făcute la Polizeşti, jud. Brăila, au arătat că arătura adâncă asociată, eventual, cu scarificarea asigură cele mai mari recolte de orez iar înlocuirea arăturii cu discuirea scade recolta (tab. 6.43).

Tabelul 6.43

Efectul lucrărilor aplicate pe un sol aluvial salinizat cu textură lutoasă asupra producţiei de orez la Polizeşti, jud. Brăila (după *Bodea V.*, 1975)

Lucrări aplicate solului	Producţia	
	q/ha	%
Arătură de toamnă 20 - 22 cm	45,0	100,0
Arătură de toamnă peste 25 cm	45,5	101,0
Arătură de toamnă peste 25 cm + arătură de primăvară 18 - 20 cm	48,3	107,3
Arătură de toamnă peste 25 cm + scarificare primăvara	49,0	108,8
Arătură de primăvară 18 - 20 cm	33,9	75,3
Două discuri primăvara	30,5	67,7

La aplicarea udărilor de spălare sunt îndepărtate din straturile superficiale ale solului şi substanţele nutritive pentru plante şi de aceea sunt necesare îngrăşăminte. Prezintă importanţă gunoiul de grajd bine fermentat care, îmbunătăţeşte însuşirile fizice şi chimice ale solului. Pe sol aluvial salinizat, la Bereşti, jud. Brăila, îngrăşămintele cu azot şi fosfor au sporit recolta la orez de la 2150 kg/ha la 6.520 kg/ha (tab. 6.44). Au dat rezultate bune îngrăşămintele cu azot aplicate fracţionat

Scanned with OKEN Scanner

(120 kg/ha *N*) fosfor (80 - 100 kg/ha P_2O_5) şi potasiu (80 - 100 kg/ha K_2O) (tab. 6.45). La aplicarea fosfogipsului ca amendament sporeşte conţinutul solului în fosfor.

Însămânţarea orezului trebuie să se facă la sfârşitul lunii aprilie căci întârzierea scade mult recolta (tab. 6.46).

Tabelul 6.44

Producţia obţinută la orez pe sol salinizat secundar şi ameliorat ameliorat (după *Măianu Al.*, 1964)

Îngrăşăminte aplicate (kg/ha s.a.)	Producţia de orez		Spor de producţie	
	kg/ha	%	kg/ha	%
Martor neîngrăşat	2.150	100	-	-
150 N	3.850	179	1.700	11,3
150 P_2O_5	2.342	109	192	1,3
100 N + 50 P_2O_5	4.995	232	1.845	12,3
100 N + 150 P_2O_5	5.120	238	2.970	11,8
150 N + 100 P_2O_5	5.540	258	3.390	13,5
200 N + 150 P_2O_5	6.520	303	4.370	12,5

Tabelul 6.45

Producţia la orez sub influenţa îngrăşămintelor cu azot aplicate fracţionat pe un sol salinizat ameliorat (după *Popescu Ch.*, 1976)

N_{120} (kg/ha)*				Producţia	
la semănat	după înrădăcinare	la înfrăţire	după înfrăţire	kg/ha	%
120	-	-	-	3.850	100
80	40	-	-	3.920	102
80.	-	40	-	4.350	113
60	20	40	-	4.680	111
50	20	30	20	4.900	127

* La toate variantele s-au aplicat P_{100} şi K_{100}

Tabelul 6.46

Influenţa epocii de semănat asupra producţiei de orez pe un sol salinizat ameliorat (după *Popescu Ch.*, 1976)

Soiul	Data semănatului			
	29.04 (kg/ha)	6.05 (kg/ha)	17.05 (kg/ha)	25.05 (kg/ha)
Polizeşti 28 (semitardiv)	5427	5053	2512	2420
Timiş 108 (precoce)	4533	4073	4080	2744
Medie	4979	4563	3296	2582

Pe terenuri puternic salinizate se recurge la transplantarea orezului căci plantele devin mai rezistente la săruri pe măsura ce cresc.

Scanned with OKEN Scanner

Bibliografie

1. Albescu I. şi colab., 1965 - *Toleranţa la salinitate a principalelor plante agricole pe soluri freatic umede cu salinizare clorurică*, Analele I.C.A., seria Pedologie, vol. 33, Bucureşti.
2. Albescu I., Maxim A., 1980 - *Particularităţile tehnologiei de cultivare a orezului pe soluri salinizate*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 4, Bucureşti.
3. Botzan M.,. 1966 - *Culturi irigate*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
4. Canarache A., 1979 - *Folosirea întregii suprafeţe de pământ arabil şi creşterea potenţialului de producţie al acestuia*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 51 Bucureşti.
5. Chirilei H. şi colab., 1970 - *Fiziologia plantelor şi microbiologie*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
6. Colibaş I. şi colab., 1968 - *Efectul rezidual al fosfogipsului şi îngrăşămintelor asupra unui soloneţ sodic de la Socodor*, Analele I.S.P.I.F., vol. II, Bucureşti.
7. Davidescu D. şi colab., 1971 - *Teoria şi practica ameliorării agrochimice a solurilor acide şi sărături*, Redacţia Revistelor Agronomice, Bucureşti.
8. Davidescu Velicica, Davidescu V., 1999 - *Compendium agrochimic*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
9. Măgdălina I. şi colab., 1992 - *Efectul lucrărilor de irigaţii asupra producţiei şi mediului ambiant*, Lucr. şt., vol. XXXV, Îmbunătăţiri funciare, Universitatea de Ştiinţe Agricole Bucureşti.
10. Măianu Al. Şi colab., 1967 - *Evoluţia procesului de ameliorare a unor soluri salinizate secundar sub orezărie în Lunca Dunării*, Analele I.S.P.I.F., seria Pedologie, vol. I, Bucureşti.
11. Măianu Al., 1964 - *Salinizarea secundară a solului*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
12. Miclăuş V., 1991 - *Pedologie ameliorativă*, Editura Dacia, Cluj.
13. Mîndru R. şi colab., 1964 - *Măsuri pentru evitarea sărăturării şi înmlăştinirii terenurilor agricole*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
14. Niţu I. şi colab., 1985 - *Ameliorarea şi valorificarea solurilor sărăturate din România*, Editura Ceres, Bucureşti.
15. Obrejanu Gh. şi colab., 1966 - *Salinizarea şi alcalizarea solurilor din Lunca Dunării*, Probleme agricole, nr. 8, Bucureşti.
16. Oprea C. V. şi colab., 1971 - *Solurile saline şi alcaline - ameliorarea lor*, Editura Ceres, Bucureşti.
17. Popescu Ch. şi colab., 1983 - *Agrofitotehnia terenurilor ameliorate*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
18. Popescu Ch., 1976 - *Agrofitotehnia*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
19. Popescu Ch., Bucur D., 1999 - *Apa şi producţia vegetală*, Editura Gh. Asachi, Iaşi.
20. Rozov L. P., 1956 - *Meliorativnoe pocivovedenie*, Moskva.
21. Sambur G. N., 1955 - *Ameliorarea radicală a soloneţurilor din stepa uscată a Ucrainei*, În: Pedologia şi agrochimia în sprijinul măririi fertilităţii solului, Editura Academiei Române, Bucureşti.
22. Sandu Gh. şi colab., 1975 - *Ameliorarea solurilor alcaline şi alcalice din România*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 4, Bucureşti.
23. Sandu Gh. şi colab., 1986 - *Salinitatea solurilor şi cultura plantelor*, Editura Ceres, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

"Irigația este știința supraviețuirii omului iar drenajul constituie condiția de supraviețuire a irigației"
C. R. Maierhoter

VII. TERENURI CU UMIDITATE EXCESIVĂ ŞI VALORIFICAREA LOR

7.1 Solurile cu exces de umiditate din România şi sursele de apă

Excesul de apă este determinat de umiditatea superioară limitei de aerație sau capacității de câmp sau, superioară valorii de 70 % din porozitatea totală (*Miclăuş V.*, 1991). La noi în țară terenurile cu exces de umiditate ocupă aproximativ 8.620.000 ha sau 36,3 % din suprafață (tab. 2.13), fiind repartizate în diferite zone, după cum se poate vedea în tabelul 7.1 şi figura 2.3.

Excesul de umiditate poate fi determinat de diferiți factori, cum ar fi:

- ✓ precipitațiile abundente;
- ✓ scurgerile de suprafață de pe terenuri limitrofe mai înalte;
- ✓ inundațiile şi infiltrațiile care se produc în luncile râurilor;
- ✓ apa freatică situată la mică adâncime;
- ✓ apa de irigație în exces;
- ✓ reducerea permeabilității solului datorită tasării.

Tabelul 7.1

Distribuția terenurilor cu exces de umiditate în România (după *Florea N.* şi colab., 1972)

Zona	Suprafața (ha)
Câmpia de Vest	1.800.000
Câmpia Română	2.400.000
Câmpia Siretului inferior	800.000
Dobrogea	400.000
Moldova	1.000.000
Transilvania	2.220.000
Total	8.620.000

Precipitațiile abundente produc exces de umiditate (fig. 7.1) în zonele răcoroase, unde evapotranspirația este scăzută iar permeabilitatea solului redusă. Relieful depresionar favorizează apariția excesului de umiditate în sezonul ploios pe soluri bogate în argilă. *Obrejan Gr.* şi colab. (1966) menționează următoarea relație care exprimă dinamica regimului apelor care băltesc la suprafața solului:

$$d = P + D - S - I - E - T \quad (7.1)$$

în care:

- d - volumul apelor de suprafață;
- P - volumul precipitațiilor;
- D - debitul afluent al apelor de suprafață;
- S - volumul de apă scursă la suprafața terenului;
- I - cantitatea de apă infiltrată în sol;
- E - cantitatea de apă evaporată;
- T - cantitatea de apă transpirată.

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 7.1 Suprafață afectată de exces de umiditate

Cursurile de apă cu albia minoră puțin adâncă și parțial colmatată produc adesea inundații iar în lunca râurilor îndiguite poate apare exces de apă datorită infiltrațiilor prin și pe sub diguri. Pe solurile cu textură lutoasă sau luto-argiloasă, cu nivelul freatic la adâncime de 1 - 3 m, poate apare exces de umiditate datorită ascensiunii capilare care, în sezonul cald (15 aprilie - 15 septembrie) poate determina un aport de apă de 2500 - 3000 m^3/ha (tab. 5.58). În raport cu adâncimea apei freatice și oscilațiile nivelului acesteia, se pot distinge categoriile de terenuri menționate în tabelul 7.2. Excesul de umiditate provocat de apa freatică poate fi exprimat cantitativ prin relația:

$$g = P + D - S + (G + A - S_{ad}) - E - T \qquad (7.2)$$

în care:

- g - creșterea sau descreșterea nivelului apelor freatice;
- P - volumul precipitațiilor;
- D - debitul afluent al apelor de suprafață;
- G - debitul afluent al apelor freatice;
- A - volumul condensării umidității atmosferice;
- S_{ad} - scurgerea apelor freatice în afara limitelor terenului drenat;
- I - cantitatea de apă infiltrată în sol
- E - volumul apei evaporate de la suprafața solului;
- T - volumul apei transpirate.

Tabelul 7.2

Categorii de terenuri în raport cu adâncimea și amplitudinea de oscilație a apei freatice (după *Teaci D.* și colab., 1985)

Categorii de teren	Apa freatică	
	Adâncime (m)	Amplitudine de oscilație (m)
Semiînmlăștinate	< 0,5	0,5
Slab drenate	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0
Superficial freatic umede	1,0 - 1,5	1,0 - 1,5
Freatic umede	1,5 - 3,0	1,0 - 3,0
Profund freatic umede	3,0 - 5,0	2,0 - 4,0
Întâmplător freatic umede	5,0 - 10,0	3,0 - 5,0
Automorfe	> 10,0	> 5,0

Pe terenurile amenajate pentru irigații, aplicarea normelor mari de udare poate avea ca efect ridicarea nivelului apei freatice și apariția excesului de umiditate.

Scanned with OKEN Scanner

Lucrări aplicate repetat solului cu tractoare şi utilaje grele, mai ales când conținutul de apă este apropiat de cel corespunzător capacității de câmp, determină tasarea solului, reducerea permeabilității şi apariția excesului de umiditate. Degradarea capacității agroproductive a solurilor datorită compactării produse de maşinile agricole, se resimte pe o suprafață de circa 33 mil ha în Europa (*Van den Akker J.J.H., Canarache A.*, 2001). În România, se apreciază că procesul de compactare antropică afecta, în 1991, circa 66 % din suprafața arabilă (*Onisie T., Jităreanu G.*, 1999).

În condițiile umidității în exces se formează soluri lăcoviştite şi smolnițe care au culoare închisă din cauza materiei organice şi compuşilor manganici şi mangano-feroşi. O altă grupă de soluri din aceste zone sunt cele brun podzolite, podzoluri pseudogleice şi argilo-iluviale pseudogleizate (*Oprea C. V.* şi colab., 1974).

După felul excesului de umiditate, terenurile agricole din România se clasifică conform datelor din tabelul 7.3.

Tabelul 7.3

Suprafețe arabile din România clasificate după felul excesului de umiditate din sol (după *Canarache A.*, 1990)

Felul excesului de umiditate	% din suprafață
Fără exces de umiditate	43
Exces de umiditate de adâncime	21
din care:	
- fără exces de săruri	(6)
- cu exces de săruri	(2)
- soluri freatic umede cu pericol de salinizare secundară	(13)
Exces de umiditate de suprafață	23
din care:	
- cu apă reținută	(14)
- cu apă stagnantă	(9)
Exces de apă mixt (de suprafață şi de adâncime)	4
Exces de apă în lunci	6
Exces de apă pe pante	3
Total	100

Excesul de umiditate din sol poate fi *periodic* - când durează mai puțin de 30 zile, *prelungit* - când durează 30 - 60 zile sau *permanent*, când se manifestă pe întreaga perioadă de vegetație. El este determinat de factori interni şi externi. Factorii externi pot fi de natură meteorologică (precipitații abundente), hidrologică (inundații fluviatile), hidrogeologică (nivel ridicat al apelor freatice) sau geomorfologică (relief depresionar). Factorii interni se referă la drenajul defectuos al solului care, poate fi determinat de textura fină a rocii de solificare sau de prezența unor orizonturi argiloiluviale.

Scanned with OKEN Scanner

7.2 Consecințele excesului de umiditate pe terenurile agricole

Excesul de umiditate determină o aerație redusă a solului, încetinirea proceselor de oxidare şi mineralizarea insuficientă a resturilor organice. Bogata microfloră şi microfaună aerobă a solului nu poate supraviețui în lipsa oxigenului şi datorită denitrificării ($NO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow N_2$) se poate pierde zilnic până la 0,5 kg azot/ha (*Grosclaude G.* et al., 1999). Procesele de nitrificare şi amonificare se desfăşoară bine numai la un conținut de 24 - 28 % apă în sol (tab. 5.8). Pe teren cu apă în exces se găsesc foarte puține bacterii nitrificatoare dar după reducerea umidității şi afânarea solului prin arătură, numărul lor sporeşte foarte mult (tab. 7.4). *Frantz* (1976) citat de *Nițu I.* şi colab. (2000) remarcă o intensificare de 2 - 3 ori a proceselor microbiologice produsă de afânarea adâncă a solurilor argiloiluviale. De aceea, în unele soluri cu exces de umiditate, alături de humus se întâlnesc şi cantități relativ mari de materie organică nedescompusă. La un conținut în oxigen sub 8 % al aerului din sol, rădăcinile nu mai cresc şi plantele se usucă.

Primenirea redusă a aerului din aceste soluri duce la acumularea unor cantități însemnate de CO_2. Astfel, în solurile humico-turboase conținutul în CO_2 poate ajunge la 8 %, în timp ce în solurile cernoziomice sau podzolice, CO_2 din aerul solului nu depăşeşte, de obicei, 1,0 - 1,5 %. În solul umed, la adâncimea de peste 1 m, oxigenul din aer scade sub 1 % iar CO_2 ajunge la 10 - 15 %. Prin îndepărtarea excesului de apă din sol, conținutul în oxigen al aerului sporeşte în timp ce cantitatea de CO_2 se reduce (tab. 7.5). Când conținutul în CO_2 al aerului din sol depăşeşte 1 % plantele suferă.

Tabelul 7.4

Dinamica dezvoltării bacteriilor nitrificatoare într-un sol turbo-mlăştinos (după *Lupinovici I. S.*, 1955)

Solul	Adâncimea (cm)	Glomerule de sol în care s-au dezvoltat bacterii			
		21 V	6 VII	19 VII	24 X
Nedrenat	0 - 10	0	11,1	0	4,0
	10 - 20	0	15,3	0	6,0
	30 - 40	0	6,6	0	3,0
	70 - 90	0	0	0	3,0
Recent drenat	0 - 10	22,2	17,9	40,0	50,0
	10 - 20	40,1	68,2	40,0	37,0
	30 - 40	0	48,3	4,0	12,0
	70 - 90	0	0	0	11,0
Arătură veche	0 - 10	10,1	33,3	34,0	57,0
	10 - 20	12,4	23,0	44,0	45,0
	30 - 40	0	34,3	41,0	13,0
	70 - 90	0	0	8,0	32,0

Rezerva de aer din sol depinde şi de nivelul apei freatice căci numai atunci când aceasta se află la adâncime mai mare de 1 m se asigură un schimb normal de gaze între sol şi atmosferă.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.5

Conținutul în CO_2 și O_2 (%) din sol la diverse adâncimi în diferite perioade ale anului (după *Bonciarelli F. ed al.*, 1998)

Adâncimea (m)	Sezon umed		Sezon uscat	
	CO_2	O_2	CO_2	O_2
0,0 - 0,3	1,2	19,4	2,0	19,8
0,3 - 0,6	2,4	11,6	3,1	19,1
0,6 - 0,9	6,6	3,5	5,2	17,5
0,9 - 1,2	9,6	0,7	9,1	14,5
1,2 - 1,5	10,4	0,4	11,7	12,4
1,5 - 1,8	15,5	0,2	12,6	9,8

Compoziția aerului atmosferic: N_2 78 %, O_2 21 %, CO_2 0,03 %.

Tabelul 7.6

Producțiile medii (kg/ha și %) obținute înainte și după amenajarea sistemului de desecare - drenaj la S.C.A. Suceava (1982 - 1988) (după *Marcu Șt.*, 1989)

Cultura	Înainte de amenajare	După amenajare
Secară	3730 100	3940 106
Orzoaică	2619 100	4085 156
Porumb	3298 100	5092 154
Cartof	26324 100	31380 119
In sămânță	557 100	621 112
Graminee perene	520 100	709 136
Măzăriche	875 100	882 101

Solurile cu exces de umiditate se încălzesc greu primăvara și însămânțarea întârzie. Datorită evaporației puternice ele se mențin reci și în timpul verii, după cum arată datele din tabelul 3.6. Apa în exces, insuficiența aerului și temperatura scăzută, frânează creșterea plantelor de cultură dar înlesnesc înmulțirea unor specii de buruieni și ciuperci parazite, care produc boli ale plantelor agricole. Aerul insuficient din sol determină plantele de cultură să-și formeze rădăcinile în straturile superficiale ale solului și ca urmare, ele nu pot valorifica bine substanțele nutritive din profunzime. Volumul solului se modifică mult în timpul iernii datorită înghețului și dezghețului iar culturile de toamnă suferă în urma fenomenelor de descălțare și dezrădăcinare.

Insuficiența aerului determină la unele plante creșterea friabilității țesuturilor de la baza tulpinii, ramificarea redusă a sistemului radicular, frânarea procesului de formare a perișorilor absorbanți, reducerea intensității respirației precum și tendința de trimitere a oxigenului din părțile aeriene ale plantei către rădăcini. Cercetări efectuate la S.C.A. Suceava au arătat că îndepărtarea excesului de apă prin intermediul drenajului au sporit recolta la porumb cu 54 %, la orz cu 56 % etc (tab. 7.6).

În zona Dorneşti-Siret-Frătăuții Noi, jud. Suceava, excesul de apă a determinat diminuarea producției la principalele culturi, după cum urmează: la cartof cu 8 - 14 t/ha, la porumb cu 1,5 - 3,0 t/ha, la sfecla de zahăr cu 7 - 16 t/ha, la porumb siloz cu 8 - 12 t/ha, la grâu cu 1,2 - 1,5 t/ha etc (*Nițu I.* și colab., 1988).

Tot datorită insuficienței oxigenului, în aceste soluri se produce procesul de *gleizare* și fosfații de fier și aluminiu care se formează sunt inaccesibili plantelor iar nitrații sunt descompuși până la azot elementar și de aceea plantele nu găsesc în sol elementele nutritive necesare. *Carnaru A.* și colab. (1971) arată că prin

Scanned with OKEN Scanner

îndepărtarea excesului de umiditate, în țara noastră s-au obținut sporuri de recoltă de până la 1500 kg/ha la grâu, 1400 kg/ha la porumb, 1000 kg/ha la floarea soarelui, 3170 kg/ha la lucernă etc.

Tabelul 7.7

Durata excesului de umiditate admisibilă economic pentru diferite plante de cultură

Planta de cultură	Durata admisibilă
Cereale	2 - 3 zile în lunile IV, V, VI 3 - 5 zile în lunile III, VII, VIII, IX 3 - 5 zile în intervalul X - II
Cartofi, sfeclă, floarea soarelui şi altele	1 - 2 zile în perioada de vegetație
Păşuni şi fânețe	7 zile în intervalul IV - VIII 15 zile în restul anului

Tabelul 7.8

Pierderile procentuale de recoltă la diverse culturi datorită stagnării apei la suprafața terenului (după *Salomir I.*, citat de *Moraru N.* şi colab., 1968)

Luna	Durata inundării (zile)	Ierburi perene	Fânețe şi păşuni	Sfeclă zahăr şi furajeră	Cartof	Floarea soarelui	Cânepă	Cereale de toamnă	Cereale primă-vară	Porumb
IV	3	11	-	10	30	10	20	10	15	20
	7	25	10	50	80	20	40	25	40	80
	11	40	20	90	100	40	60	40	75	100
	15	60	30	100	100	80	100	70	100	100
V	3	10	-	10	40	10	20	20	15	10
	7	30	15	50	90	30	50	40	50	50
	11	50	30	90	100	60	75	70	75	80
	15	100	50	100	100	100	100	100	100	100
VI	3	10	-	10	50	10	10	20	20	10
	7	40	20	40	100	40	40	50	50	40
	11	70	30	90	100	80	60	75	75	75
	15	100	50	100	100	100	80	100	100	100
VII	3	10	-	10	50	10	10	-	-	-
	7	40	20	40	100	40	30	-	-	10
	11	70	30	90	100	80	50	10	10	50
	15	100	50	100	100	100	70	20	20	80
VIII	3	10	-	10	50	-	-	-	-	-
	7	30	10	40	100	10	-	-	-	10
	11	50	20	90	100	30	10	-	-	40
	15	80	30	100	100	50	20	-	-	60
IX	3	10	-	10	50	-	-	-	-	-
	7	30	-	40	100	-	-	-	-	10
	11	50	-	90	100	-	-	-	-	20
	15	70	10	100	100	-	-	-	-	30
X	3	-	-	-	20	-	-	-	-	-
	7	10	-	10	40	-	-	4	-	-
	11	20	-	30	60	-	-	10	-	10
	15	30	-	50	80	-	-	20	-	10

Scanned with OKEN Scanner

La solurile aluviale, conținutul în substanțe fertilizante variază mult, în funcție de natura mâlului aluvial şi textura rocii-mame dar, în general, aceste soluri au un conținut ridicat în substanțe nutritive. În luncile râurilor solurile sunt foarte neuniforme sub aspectul fertilității, recoltele sunt adesea compromise şi apare frecvent procesul de salinizare secundară. Excesul de apă şi insuficiența oxigenului în zona de dezvoltare a rădăcinilor determină încetarea creşterii plantelor, îngălbenirea şi uscarea lor. Durata excesului de umiditate fără diminuarea producției - numită şi *durată critică de rezistență la excesul de umiditate* - este de 5 - 6 ore la legume, 8 - 12 ore la cereale şi 24 - 36 la pomii fructiferi.

Întrucât cheltuielile pentru îndepărtarea excesului de umiditate, în intervale de timp atât de scurte, sunt mari iar pierderile de recoltă în primele 2 - 3 zile după apariția acestuia sunt relativ mici, a fost estimată *durata excesului de umiditate admisibilă economic* (tab. 7.7).

După cum arată datele din tabelul 7.8, o inundare de trei zile primăvara sau vara reduce recolta la diferite culturi cu 10 - 50 %, o inundare de 7 zile cu 20 - 100 % iar peste 11 zile cu 50 - 100 %. La plantele de porumb şi soia, inundate timp de 7 zile s-a redus greutatea rădăcinilor cu 32 - 34 % iar cea a părților aeriene cu 35,8 %. Activitatea enzimei alcool dehidrogenaza, s-a dublat față de cea înregistrată la plantele neinundate (*Popescu Ch.* şi colab., 1983).

7.3 Eliminarea apei în exces

Îndepărtarea apei în exces din aceste soluri se poate realiza prin scurgere la suprafață, prin intermediul lucrărilor de îndiguiri, a celor de desecare-drenaj, prin colmatarea terenului afectat de exces de umiditate sau prin desecare biologică. Pentru a înlesni scurgerea apei la suprafața terenului se amenajează rigole cu adâncimea de 20 - 30 cm şi şanțuri cu adâncimea mai mare, prin care se elimină apa provenită din precipitații, acumulată în micile depresiuni, pe soluri cu permeabilitatea redusă. Pentru a elimina cantități mai mari de apă se amenajează puțuri absorbante (fig. 7.2).

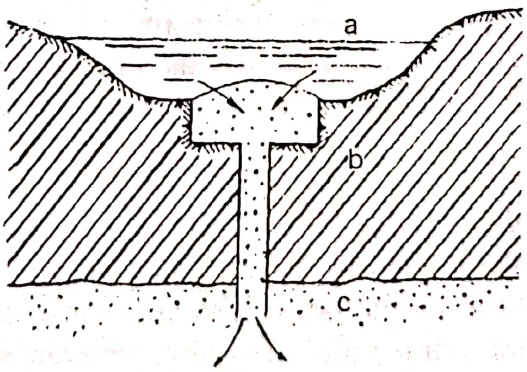


Fig. 7.2 Schema de principiu a unui puț absorbant
a - depresiune în care bălteşte apa; b - strat superior impermeabil;
c - strat inferior permeabil

Scanned with OKEN Scanner

Dacă excesul de apă provine din inundații este necesară îndiguirea cursului de apă (fig. 7.3).

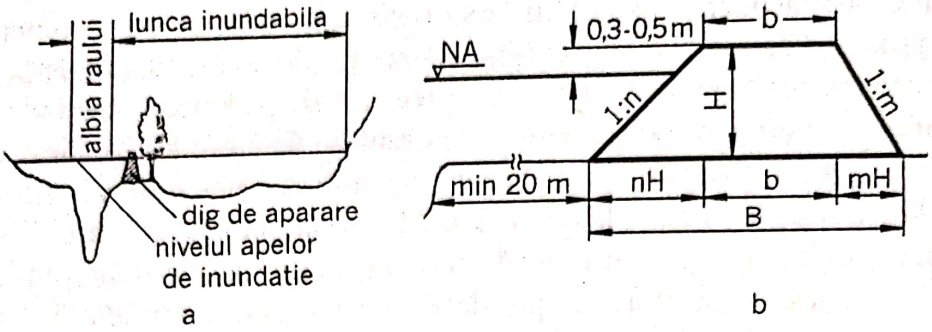


Fig. 7.3 Secțiuni prin lunca inundabilă a unui curs de apă (a) și prin corpul unui dig (b)

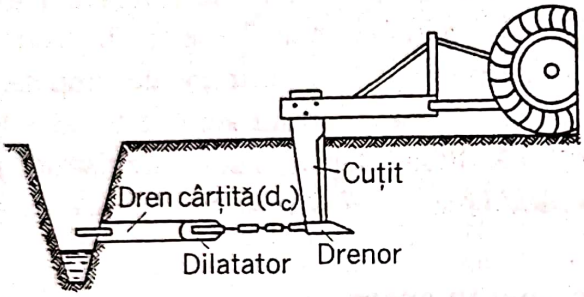


Fig. 7.4 Schema dispozitivului pentru executarea galeriilor de drenaj cârtiță

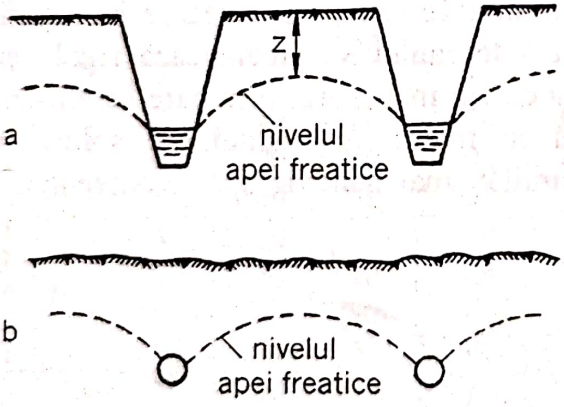


Fig. 7.5 Drenarea terenurilor
a - prin canale deschise; b - prin tuburi de dren; z - adâncimea de desecare

Drenajul cârtiță (fig. 7.4), drenajul prin canale deschise sau prin intermediul drenurilor subterane (fig. 7.5) determină evacuarea excesul apei de la suprafață și din straturile superioare ale profilului de sol favorizând coborârea nivelului apei freatice. Desecarea prin intermediul canalelor deschise este mai puțin costisitoare dar prezintă dezavantajul că scoate din circuitul productiv 10 - 15 % din suprafața amenajată și creează dificultăți în executarea mecanizată a lucrărilor agricole.

Proiectarea amenajărilor de drenaj subteran necesită cunoașterea distanței dintre elementele active care sunt reprezentate de drenurile absorbante. În practică proiectării, aceasta se determină prin metode aproximative, numerice sau analogice. Uneori se apelează la studii de inginerie tehnologică desfășurate în poligoane experimentale amplasate în zonele propuse la amenajare. Soluțiile multiple pentru determinarea elementelor tehnice ale drenajului subteran sugerează existența unei nesiguranțe metodologice cauzată de complexitatea condițiilor de desfășurare a procesului fizic ce nu poate fi reflectată totdeauna satisfăcător în relații de calcul (*Honțuș Adelaida*, 2003).

Scanned with OKEN Scanner

La stabilirea distanței dintre canalele de desecare trebuie să se țină seama și de modul de folosire a terenului întrucât culturile agricole influențează scurgerea apei către acestea. Atunci când excesul de apă provine și din scurgerile de suprafață de pe terenurile înclinate limitrofe, sistemul de desecare trebuie completat cu canale de centură care colectează aceste ape și le conduc în canalul de evacuare.

Pe terenurile drenate, buna dezvoltare a plantelor depinde de condițiile create pentru ca apa și aerul să ajungă în proporții potrivite în zona stratului radicular. De aceea, la plantele cu înrădăcinare superficială drenurile pot fi amplasate la adâncime mai mică, în timp ce la plantele cu înrădăcinare profundă trebuie asigurată coborârea nivelului apei la adâncimi mai mari.

Roe și *Axres*, citați de *Oprea C. V.* și colab. (1974), consideră potrivite următoarele adâncimi pentru amplasarea drenurilor pe soluri lutoase:

- ✓ 107 - 122 cm pentru cereale păioase, tomate, castraveți;
- ✓ 107 - 152 cm pentru porumb, sfeclă, floarea soarelui, varză;
- ✓ > 152 cm pentru lucernă, trifoi;
- ✓ 76 - 107 cm pentru ierburi, graminee, fasole, mazăre, cartof.

De asemenea, trebuie să se ia în considerație adâncimea la care se efectuează lucrările solului ca și ascensiunea capilară a apei, producția fiind influențată și de nivelul apei freatice (tab. 7.9). Coborârea nivelului apei freatice de la 20 cm la 80 cm adâncime a sporit producția la grâu de 2,8 ori (tab. 7.10).

Tabelul 7.9

Producția câtorva plante la diferite adâncimi ale apei freatice (după *Constantinidis C.*, 1970)

Adâncimea apei freatice	Producția (% din cea maximă)				
	Ovăz	Morcov	Sfeclă	Ceapă	Fâneață
20	13	-	-	-	30
40	67	9	26	12	87
60	100	-	-	-	100
70	-	100	97	76	-
80	90	-	-	-	90
96	-	99	100	100	-

Tabelul 7.10

Nivelul apei freatice și producția la grâu (după *Bîlteanu Gh.*, *Bîrnaure V.*, 1979)

Nivelul apei freatice (cm)	20	40	60	80
Producția (%)	100	190	248	280

Primele lucrări de desecare au început prin secolul al XIII-lea în Țara Bârsei; ele s-au extins în secolul al XVIII-lea în Câmpia Banatului și în Muntenia, apoi în secolul al XIX-lea în Câmpia Crișanei și în zona Someș-Crasna. În secolul XX s-au executat lucrări de îndiguire și de desecare pe suprafețe întinse în lunca inundabilă a Dunării precum și în alte zone din țară, ajungându-se în 1995 la 3.199.500 ha desecate și 1.545.200 ha îndiguite (tab. 7.11).

Datorită însușirilor unor plante de a consuma cantități mari de apă prin transpirație, se poate aplica și așa-numita *desecare biologică*, care produce scăderea nivelului apei freatice (fig. 7.6). Această metodă dă rezultate bune în acele

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.11

Evoluția lucrărilor de îndiguiri și desecări în perioada 1944 - 1995

Anul	Îndiguiri (mii ha)	Desecări (mii ha)
1944	622,2	358,0
1950	642,2	368,1
1955	668,8	404,4
1960	827,1	505,7
1965	856,7	587,0
1970	1331,9	1111,4
1975	1455,2	1965,5
1980	1545,2	2462,5
1985	-	2948,8
1990	-	2959,3
1995	-	3199,5

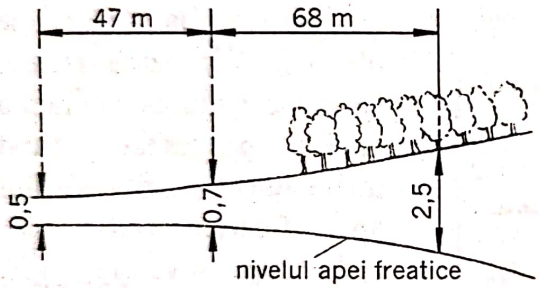


Fig. 7.6 Influența pădurii asupra coborârii nivelului freatic

zone unde evapotranspirația depășește sau este egală cu apa acumulată în exces pe solul respectiv.

Dintre speciile forestiere mari consumatoare de apă fac parte: salcia albă (*Salix alba*), plopul alb (*Populus alba*), arinul negru (*Alnus glutinosa*), frasinul (*Fraxinus excelsior*), ulmul (*Ulmus foliacea*), stejarul (*Quercus robur*), eucaliptul (*Eucaliptus globulus*) etc. Cantitatea anuală de apă extrasă din sol de aceste plante, în zonele călduroase, poate ajunge la 10.000 - 16.000 m^3/ha. Aceste specii se plantează la baza versantelor sau de-a lungul digurilor și canalelor, în aval de baraje. Dintre plantele ierboase, consumă multă apă gramineele și leguminoasele furajere, floarea-soarelui etc. La 15 ani după execuția lucrărilor de drenaj în câmpul experimental de la Otopeni - Baloteşti, jud. Ilfov, solul şi-a îmbunătățit unele însuşiri fizice şi chimice. A scăzut densitatea aparentă, a sporit porozitatea, conținutul de humus etc (tab. 7.12). Îndepărtarea excesului de apă în Depresiunea Bârsei, ca şi la S.C.A. Suceava a sporit recolta diferitelor culturi cu 6 - 244 % (tab. 7.13).

Tabelul 7.12

Modificări ale unor însuşiri fizice şi chimice ale solului pseudogleic de la Otopeni - Baloteşti, jud. Ilfov, după executarea lucrărilor de drenaj (1984 şi 1989) (după *Voicu P.* şi colab., 2001)

Varianta	Adâncimea (cm)	DA (g/cm^3)		PT (%)		Humus (%)		N_{total} (%)		P_2O_5	
		1984	1999	1984	1999	1984	1999	1984	1999	1984	1999
Sol drenat	0 - 18	1,34	1,30	49	51	1,05	1,18	0,126	0,131	0,093	0,119
	18 - 60	1,31	1,44	39	48	1,09	1,11	0,111	0,129	0,118	0,129
	60 - 90	1,64	1,42	39	47	1,03	1,09	0,103	0,126	0,090	0,114
Sol nedrenat	0 - 18	1,45	1,46	53	46	1,10	1,02	0,118	0,116	0,081	0,111
	18 - 60	1,66	1,59	38	41	0,98	0,96	0,107	0,095	0,073	0,116
	60 - 90	1,66	1,63	38	39	0,88	0,88	0,093	0,112	0,052	0,096

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.13

Producțiile înregistrate înainte și după îndepărtarea excesului de apă în Depresiunea Bârsei și la S.C.A. Suceava (*Munteanu P.* și colab., 1981; *Marcu Șt.*, 1989)

Cultura	Producții		Spor	
	Înainte de amenajare kg/ha	După amenajare kg/ha	kg/ha	%
Depresiunea Bârsei				
Grâu de toamnă	1860	3100 - 4533	1240 - 2673	66 - 244
Orz, orzoaică	1500	2955 - 5149	1455 - 3649	97 - 244
Sfeclă de zahăr	16920	19801 - 38000	2881 - 21080	17 - 125
Cartofi	13470	18060 - 28688	4590 - 15218	34 - 112
S.C.A. Suceava				
Secară	3730	3940	210	6
Orzoaică	2619	4085	1466	56
Porumb	2398	5092	2694	54
Cartof	26324	31380	5056	19
In pentru sămânță	557	621	64	12
Graminee perene	520	709	189	36

7.4 Particularitățile culturii plantelor pe soluri cu umiditate în exces

7.4.1 Rotația culturilor

Pe terenurile cu exces de umiditate trebuie să se țină seama de pericolul salinizării secundare. Succesiunea culturilor se va stabili astfel încât să permită distrugerea buruienilor și acoperirea bună a solului, pentru a evita stabilirea unui curent ascendent al apei. Odată cu aplicarea prașilei se realizează, pe lângă curățirea terenului de buruieni și o aerisire bună a solului, care este atât de necesară pe terenurile îndiguite și desecate. De aceea, trebuie să predomine plantele prășitoare și în special porumbul, care dă rezultate foarte bune în Lunca Dunării. Pe terenurile cu textură argilo-lutoasă se comportă bine soia iar pe terenurile drenate se pot cultiva ovăzul, grâul sau orzul. Pe solurile puțin permeabile poate fi cultivat orezul. Pe un sol argiloiluvial la Albota, jud. Argeș, rotația potrivită a culturilor și îngrășămintele au sporit recolta la grâu și porumb cu 97 % și respectiv 92 % față de monocultură (tab. 7.14). Pe solurile cu exces pluvial de umiditate de la Baia - Moldova, după amenajarea unei rețele de drenaj s-au obținut bune rezultate în cadrul unui asolament de 4 ani (grâu - secară - cartof - porumb) (*Moca V.*, 1989).

Pe teren fost submers, în Lunca Dunării, porumbul și grâul, cultivate după soia și floarea soarelui, au dat recolte mai bune decât porumbul în monocultură sau grâul după porumb (tab. 7.15).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.14

Influența rotației și îngrășămintelor asupra producției la grâu și porumb pe un sol podzolic argilo-iluvial la Albota-Argeș (1962 - 1980) (după *Nicolae C.* și colab., 1981)

Rotația	Îngrășăminte aplicate	Grâu		Porumb	
		t/ha	%	t/ha	%
Monocultură grâu	-	11,7	100	-	-
	chimice	22,1	100	-	-
	organice+chimice	27,2	100	-	-
Monocultură porumb	-	-	-	14,5	100
	chimice	-	-	31,3	100
	organice+chimice	-	-	37,5	100
Porumb - grâu	-	12,2	104	20,3	140
	chimice	28,6	129	38,7	124
	organice+chimice	30,7	113	42,0	112
Porumb - grâu - mazăre - grâu	-	18,2	155	27,9	192
	chimice	34,6	156	40,5	129
	organice+chimice	39,6	145	47,5	127
Grâu (trifoi) - grâu - porumb - porumb - in	-	23,1	197	26,2	181
	chimice	38,4	174	50,9	163
	organice+chimice	41,6	153	59,2	158

Tabelul 7.15

Influența plantei premergătoare asupra producției la grâu și porumb pe teren fost submers în Lunca Dunării la Chirnogi (1975 - 1977) (după *Bîlteanu Gh.* și colab., 19878

Planta premergătoare	Grâu		Porumb	
	q/ha	%	q/ha	%
Porumb	17,78	100	59,3	100
Soia	26,46	149	88,0	148
Floarea soarelui	35,15	198	79,2	133

Soiurile timpurii și semitârzii de cartof dau rezultate bune pe terenurile nisipoase. În zonele unde pânza de apă freatică este situată la adâncimi mai mari se poate cultiva cu bune rezultate lucerna. Pe terenurile care au stat un timp îndelungat sub apă, cum ar fi fundul lacurilor sau al bălților, în primii ani după desecare se poate cultiva ovăzul, orzul, sfecla pentru zahăr sau sorgul. Dacă terenul a fost lucrat ca ogor negru în primul an după desecare și s-au aplicat îngrășăminte organice, în anul următor se obțin recolte bune la diferite culturi. Pe aceste terenuri pot apare perioade mai lungi sau mai scurte de inundații și la alegerea speciilor ce urmează a se cultiva trebuie să se aibă în vedere acest lucru. Nu suportă submersia orzul, lucerna, grâul, secara și ovăzul iar dintre pomii fructiferi, mărul și părul, care se usucă după circa 12 zile de inundații, precum și caisul care piere după circa 15 zile etc. În general, stagnarea apei la suprafața solului o perioadă de 7 - 15 zile poate avea ca efect compromiterea recoltei (tab. 7.8). *Kovda V. A.* (1973) clasifică plantele în trei categorii după toleranța lor la băltirea apei (tab. 7.16).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.16

Toleranța relativă a plantelor la băltire și exces de apă în zona radiculară (după *Kovda V. A.*, 1973)

Sensibile	Semitolerante	Tolerante
Lucernă	Obsigă	Trifoi
Orz	Bumbac	târâtor
Fasole	Păiuș	Trifoi
Trifoi	Golomăț	hibrid
Sulfină	Secară	Orez
Lăptucă	Raigras	Ghizdei
Ovăz	Sorg	
Cartof	Timoftică	
Tomate	Ghizdei	
Pir crestat	Grâu	
Piersic	Măr	
Prun		

Întrucât apa de irigare este la îndemână, pe terenurile îndiguite și desecate se pot iriga diferite culturi, cum ar fi : legumele, orezul, sfecla de zahăr, porumbul, cartoful, etc. Pentru irigare este recomandabil să se folosească apa râurilor din apropiere și nu cea din bălțile interioare, care poate avea un conținut ridicat în săruri, provocând salinizarea secundară a solului.

La înființarea plantațiilor pomicole trebuie să se țină seamă de regimul aerohidric al solului și adâncimea apei freatice potrivită pentru diferite specii și portaltoi. Astfel, la mărul altoit pe franc porozitatea de aerație potrivită este de 15 - 20 %, la diferite soiuri de cireș altoit pe sălbatic 10 - 18 % (*Voiculescu N.*, 1999). Adâncimea minimă a apei freatice pentru cais și piersic variază între 80 și 200 cm, în funcție de textura solului și portaltoi (tab. 7.17).

Tabelul 7.17

Adâncimea minimă a apei freatice pentru cais și piersic în funcție de textura solului și portaltoi (după *Voiculescu N.*, 1999)

Textura solului	Adâncimea minimă a apei freatice (cm)			
	cais / portaltoi		piersic / portaltoi	
	prun, corcoduș	zarzăr	corcoduș	franc migdal
Sol nisipos argilă < 20 % praf < 32 % nisip > 68 %	100	150	100	80
Sol lutos argilă 21 - 45 % praf 0 - 100 % nisip 0 - 100 %	160	180	160	140
Sol argilos argilă > 46 %	170	250	170	150

Scanned with OKEN Scanner

7.4.2 Folosirea îngrăşămintelor

Fertilitatea solului variază mult în diferite părţi ale luncilor îndiguite. Grindurile nisipoase au o fertilitate scăzută în timp ce solul din partea centrală a luncii este bogat în humus, argilă şi săruri minerale, prezentând un potenţial ridicat de fertilitate. Pe solurile puţin fertile din aceste regiuni se folosesc, în special, gunoiul de grajd şi îngrăşămintele minerale.

Gunoiul de grajd prezintă o importanţă deosebită întrucât determină îmbunătăţirea însuşirilor fizice şi biologice ale acestor soluri. Se administrează în cantităţi de 30 - 40 t/ha, efectul său favorabil resimţindu-se pe o perioadă de 3-5 ani. Când se aplică pe soluri nisipoase, gunoiul de grajd trebuie să fie fermentat iar în cazul când se distribuie pe soluri cu textură fină poate fi semifermentat. Pe solurile nisipoase sunt întrebuinţate cu succes şi îngrăşămintele verzi, care se pot obţine sub plantă protectoare sau prin culturi succesive. În general, terenurile desecate sunt bine aprovizionate cu substanţă organică dar aceasta nu este bine descompusă şi contribuie numai într-o mică măsură la dezvoltarea plantelor.

Cercetări efectuate în ţara noastră arată că mineralizarea substanţelor organice, după desecare, se produce într-un ritm mai lent decât absorbţia elementelor nutritive de către plante. De aceea, pe aceste terenuri este necesară aplicarea îngrăşămintelor azotate şi fosfatice uşor solubile, precum şi a celor potasice la culturile care consumă mari cantităţi de potasiu. În judeţul Dolj, pe solurile gleice, îngrăşămintele azotate au determinat obţinerea celor mai mari sporuri de recoltă la ovăz. Aplicarea fracţionată a îngrăşămintelor asigură rezultate mai bune pe aceste soluri. Parte din îngrăşămintele fosfatice şi potasice se dau din toamnă, odată cu efectuarea arăturii adânci iar restul la însămânţare şi în timpul perioadei de vegetaţie. La Caransebeş, jud. Caraş - Severin, îngrăşămintele cu azot în doză de 198 - 466 kg/ha aplicate pe o pajişte au sporit recolta cu 29 - 85 %. La asocierea îngrăşămintelor azotoase cu cele fosfatice (P_{32-64}) şi potasice, sporul de recoltă a ajuns la 174 - 262 % (*Oprea C. V.* şi colab., 1974). Pe o lăcoviştе în judeţul Timiş, doza $N_{96}P_{64}$ a dat cel mai economic spor de recoltă la grâu (53 %) iar la porumbul cultivat pe smolniţă, aceeaşi doză de îngrăşăminte a sporit recolta cu 199 % (*Oprişan N.*, 1968). Pe terenurile agricole rezultate în urma asanării unor lacuri, în primul an de cultură, porumbul şi floarea - soarelui au dat producţii mici însă în anul al doilea producţia a sporit, îngrăşămintele fiind utilizate eficient (tab. 7.18).

Necesitatea aplicării îngrăşămintelor chimice pe solurile foste submerse (foste funduri de lac) se accentuează pe măsura trecerii timpului după desecare. La 10 - 12 ani după luarea în cultură a acestor terenuri, îngrăşămintele aplicatel a porumb au sporit recolta cu peste 2000 kg/ha. Elementul principal care a determinat creşterea producţiei a fost azotul. Dozele de azot cele mai potrivite s-au situat între 100 şi 200 kg/ha s.a. dozele de fosfor cele mai bune au fost de 50 - 100 kg/ha P_2O_5 sau mai mari la porumbul cultivat după soia. Potasiul a fost necesar, în doză de 50 - 100 kg/ka K_2O, numai atunci când porumbul a urmat după floarea soarelui. Necesitatea îngrăşămintelor pe terenurile din luncă creşte în mod deosebit, în urma

Scanned with OKEN Scanner

îndiguirii, datorită încetării aportului de material aluvial (mâl) bogat în substanțe nutritive. Dintre microelemente, prezintă importanță pe aceste terenuri, în special, cuprul și borul.

Tabelul 7.18

Producțiile de porumb și floarea-soarelui pe solurile foste submerse (fostul lac Ezer) în primul și în al doilea an după desecare (după *Staicu I.*, 1969)

Îngrășăminte aplicate	1966	1967	1966	1967
	Porumb HD-208 (kg/ha)		Floarea-soarelui (kg/ha)	
Nefertilizat	1940	7780	550	2780
N_{48}	2040	8120	570	2690
N_{48} P_{48}	2290	7950	670	2650
N_{96} P_{96}	2290	8140	680	2520
20 t/ha gunoi de grajd	2490	7710	750	2750

Tabelul 7.19

Recomandări privind cantitățile de îngrășăminte chimice la principalele culturi (după *Avrigeanu Gh.* și colab. 1978)

Cultura	Categoria de sol	Planta premergătoare		
		Porumb, sfeclă, floarea soarelui	Cereale păioase	leguminoase
Porumb	Sol ușor nisipos	$N_{150-200}$ P_{60}	$N_{130-150}$ P_{60}	N_{90-120} P_{30}
	Sol greu și mediu	$N_{150-200}$ P_{40}	N_{80-120} P_{30}	N_{60-80} P_{30}
Soia	Sol ușor nisipos	N_{40-60} P_{30}	N_{40-60} P_{30}	N_{30} P_{30}
	Sol greu și mediu	N_{30-50} P_{30}	N_{30-50} P_{30}	-
Grâu de toamnă	Sol ușor nisipos	$N_{120-140}$ P_{60}	$N_{100-130}$ P_{50}	N_{80-100} P_{40}
	Sol greu și mediu	N_{50-70} P_{30}	N_{40-60} P_{30}	-

Pe baza cercetărilor efectuate pe diferite categorii de sol din Lunca Dunării, *Avrigeanu Gh.* și colab. (1978), recomandă dozele de îngrășăminte menționate în tabelul 7.19, pentru porumb soia și grâu.

Îngrășămintele aplicate după inundarea plantelor de porumb și soia au determinat creșterea mai intensă a rădăcinilor și părților aeriene. Au avut un bun efect în special azotul, cuprul și molibdenul (*Popescu Ch.* și colab., 1983). Biopreparatele dau rezultate foarte bune, deoarece în aceste soluri se găsesc puține microorganisme favorabile dezvoltării plantelor. Din cauza excesului de apă, aceste terenuri au în unele cazuri o reacție acidă și odată cu executarea arăturilor adânci,

Scanned with OKEN Scanner

trebuie să se aplice şi amendamente. Pe solurile argiloase cu exces de umiditate din zona Slobozia-Ciorăşti, jud. Vrancea, fosfogipsul şi fosforitele aplicate pe teren drenat şi scarificat, au contribuit la sporirea recoltei de fân cu 39,8 % (*Popescu Ch.* şi colab., 1984). La Caransebeş, jud. Caraş Severin, doza de 10 t/ha praf de var asociată cu îngrăşăminte chimice a sporit recolta de nutreţ pe o pajişte cu 14 % în anul II după aplicare şi cu 40 % în anul III. Gunoiul de grajd şi praful de var au favorizat creşterea producţiei la trifoiul alb şi alte leguminoase (*Oprea C. V.* şi colab., 1974).

7.4.3 Lucrările solului şi însămânţarea

Aproape în toate cazurile, terenurile îndiguite şi desecate prezintă importante suprafeţe ocupate cu tufişuri, mărăcini, etc. De aceea, înaintea altor lucrări este necesar să se înlăture vegetaţia lemnoasă spontană. Aceasta se face manual sau mecanic, folosind buldozere sau maşini speciale, care doboară arborii cu tot cu rădăcini sau taie trunchiul iar buturugile se scot ulterior, După înlăturarea materialului lemnos (tulpini, cioate etc) se face desfundarea sau arătura foarte adâncă, 50 - 60 cm), folosindu-se pluguri puternice. Terenul arat se lasă peste iarnă în brazdă crudă iar primăvara se grăpează şi se însămânţează cu culturi prăşitoare. Pe terenurile unde se găsesc pietre, la suprafaţă sau îngropate, acestea trebuie adunate şi îndepărtate, pentru a se putea efectua în condiţii normale lucrările solului.

În incintele îndiguite se întâlnesc şi suprafeţe întinse acoperite cu stuf (*Phragmites comunis*), papură (*Typha latifolia*), veninariţă (*Gratiola officinalis*). Pe terenurile mai zvântate şi cu fertilitate mai bună se întâlneşte cimărea (*Galega officinalis*), lemnul dulce (*Glycyrrhiza echinnata*) etc. O buruiană frecventă şi greu de combătut este măcrişul (*Rumex hydrolapatum* şi *Rumex palustris*). Pentru stârpirea acestor buruieni trebuie să se execute o arătură foarte adâncă în vederea scoaterii rizomilor la suprafaţă. Brazdele se mărunţesc cu grapa iar rizomii şi rădăcinile se adună şi se distrug prin ardere. Această lucrare se face în timpul verii şi toamna se repetă iar primăvara următoare, arătura se lucrează cu ajutorul cultivatorului, după care se grăpează pentru adunarea rizomilor rămaşi şi se însămânţează cu ovăz. Dacă în urma acestor lucrări ale solului, stuful şi alte buruieni cresc încă destul de dese, atunci terenul trebuie menţinut un an ca ogor negru, distrugându-se buruienile.

Prin executarea corectă a lucrărilor solului, strângerea şi înlăturarea rizomilor, aplicarea îngrăşămintelor minerale şi a celor verzi se îmbunătăţeşte structura şi fertilitatea solului. Combaterea buruienilor trebuie să se continue foarte energic, atât la culturile dese cât şi la prăşitoare, întrucât îmburuienarea se produce mai repede decât pe alte suprafeţe. Adâncimea arăturii trebuie să fie în concordanţă cu cerinţele speciei cultivate. Astfel, la grâu şi la soia s-au obţinut recolte bune cu arătură de toamnă la 20 cm şi discuire vara şi respectiv, primăvara iar la porumb cu arătură la 30 cm adâncime, o dată la trei ani şi discuire toamna doi ani (tab. 7.20 şi 7.21).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.20

Influența lucrărilor solului asupra producției de grâu pe terenuri foste submerse din Lunca Dunării, la Chirnogi (1975 - 1977) (după *Olteanu A.* şi colab., 1978)

Lucrarea	Producția (q/ha)	%
Arătură normală (18 - 20 cm)	39,8	100
Discuit după recoltare + arătură normală	41,8	105
Discuit de două ori după recoltare + arătură normală	44,6	112
Discuit de două ori	31,0	78
Discuit de trei ori	37,7	95
Lucrat cu freza o dată	31,1	78
Lucrat de două ori cu freza	38,8	97,6

Tabelul 7.21

Producția de soia şi porumb, în rotația porumb - soia, pe terenuri foste submerse din Lunca Dunării, la Chirnogi (1975 - 1977) (după *Olteanu A.* şi colab., 1978)

Nr. crt.	Variantele			Soia		Porumb	
	1975	1976	1977	Producția (q/ha)	Diferența (q/ha)	Producția (q/ha)	Diferența (q/ha)
1	AT 20	AT 20	AT 20	30,2	mt	74,9	mt
2	AT 20 + DD	AT 20 + DD	AT 20 + DD	32,0	1,8	76,7	1,8
3	AT 30	AT 30	AT 30	31,9	1,7	79,4	4,5
4	AT 30 + DD	AT 30 + DD	AT 30 + DD	30,3	0,1	77,4	2,5
5	AT 20	DT	AT 20	30,2	-	82,7	7,8
6	AT 30	DT	AT 30	31,7	1,5	81,2	6,1
7	AT 20	DT	DT	30,6	0,4	72,1	- 2,8
8	AT 30	DT	DT	29,8	- 0,4	87,7	12,8
9	DD	D	D	28,6	- 1,6	63,3	- 11,6

AT - arătură de toamnă; DD - discuit la desprimăvărare; DT - discutt toamna; D - discuire.

Pe terenurile înțelenite, muşuroaiele pot ocupa peste 50 % din suprafață şi în acest caz sunt necesare lucrări de nivelare care să permită efectuarea în bune condiții a lucrărilor agricole.

Întrucât acestea sunt soluri cu textură fină, puțin permeabile, se iau măsuri pentru îndepărtarea apei provenite din precipitații, făcându-se arături în brazde înguste, perpendiculare pe canalele de desecare. Se poate combina arătura la cormană cu arătura în lături, obținându-se aşa-numita *arătură în spinări*. Arătura se face în fâşii înguste şi la adâncimea de 20 - 30 cm, rămânând între tarlale brazde temporare de colectare şi scurgere a apei în canalele de desecare (fig. 7.7).

La Petit, jud. Bihor, lucrarea solului în spinări pe un podzol a sporit producția cu la grâu cu 2,5 q/ha iar la porumb cu 6,8 q/ha (*Colibaş I.* şi colab., 1972). Drenurile cârtiță şi arătura în spinări aplicate la Torinac, jud. Timiş, au mărit recolta la grâu cu 16,1 - 18,6 q/ha (*Oprişan N.* şi colab., 1971).

Scanned with OKEN Scanner

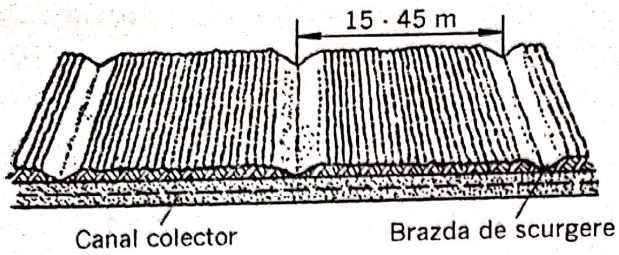


Fig. 7.7 Arătura cu brazde de scurgere şi canale colectoare

Afânarea adâncă a solului fără inversarea orizonturilor în zonele cu exces de umiditate determină mărirea permeabilităţii şi buna aerisire a solului, pentru intensificarea activităţii microbiologice şi solubilizarea mai bună a substanţelor nutritive. *Stîngă N.* şi colab. (1974) clasifică lucrările adânci de afânare a solului în trei categorii:

- ✓ de mică adâncime - până la 40 cm;
- ✓ de adâncime mijlocie - până la 80 cm;
- ✓ de mare adâncime - peste 80 cm.

Conţinutul de apă al solului favorabil pentru efectuarea acestor lucrări este cuprins între 60 % şi 90 % din intervalul umidităţii active.

La stabilirea adâncimii de afânare a solului se ţine seama de adâncimea stratului bogat în argilă. Solurile afânate adânc acumulează mai multă apă utilă (tab. 7.22).

Tabelul 7.22

Cantităţile de apă (mm) ce se pot înmagazina în solul afânat adânc şi neafânat până la adâncimea de 0,60 m (după *Niţu I.* şi colab., 2000)

Grupe de soluri	Afânat adânc	Neafânat
Cernoziomuri cambice	175 - 200	130 - 150
Soluri brune, brune roşcate, alte soluri argiloase compacte, inclusiv vertisoluri	140 - 155	95 - 110
Lăcovişti, soluri gleice drenate argiloase	165 - 180	120 - 140
Complexele de soluri saline şi alcalice	130 - 145	90 - 105
Soluri argiloiluviale albice (pseudogleizate) şi pseudogleice	140 - 160	100 - 115

La interval de 4 - 5 ani se poate face desfundarea în benzi, la distanţa de 140 cm şi la adâncimea de 55 - 60 cm sau 70 - 80 cm. La Albota, jud. Argeş, s-a obţinut prin intermediul acestei lucrări un spor de 1.140 kg/ha la porumb faţă de arătura obişnuită (*Lungu I.*, 1975). Pe soluri pseudogleice este recomandabil să se facă modelarea terenului în biloane, pentru a asigura reuşita plantaţiilor pomicole (fig. 7.8).

Pe terenurile argiloase tasate, afânarea trebuie să se facă la adâncimi cu peste 10 cm sub stratul compactat. Se obţin rezultate bune în urma efectuării scarificării. Lucrarea se execută odată la 4-6 ani cu ajutorul scarificatorului acţionat de tractorul pe şenile S-1500 sau dispozitivul cu vibrator MAS-80 purtat de trctorul U-650. În primul caz, adâncimea de lucru a pieselor active ajunge la 70 - 80 cm iar în al doilea caz la 50 - 60 cm. Pe solurile cu un conţinut în argilă de până la 50 %, distanţa între piesele active ale scarificatorului poate ajunge până la 2 m iar pe cele

Scanned with OKEN Scanner

cu un conținut în argilă de peste 50 %, această distanță se reduce sub 1 m. Cercetări efectuate timp de 5 ani, în 28 de centre experimentale pentru porumb și 24 pentru grâu, au dovedit că producția pe teren afânat a sporit, în medie, cu 8,3 q/ha la porumb și respectiv, 5,4 q/ha la grâu (tab. 7.23). La delimitarea tarlalelor ce se vor lucra cu scarificatorul se va ține seama de panta terenului și de natura substratului litologic, pentru a se evita declanșarea unor procese de alunecare. Dacă apa freatică se află la o adâncime mai mică de 1 m, se va executa mai întâi o rețea de drenaj.

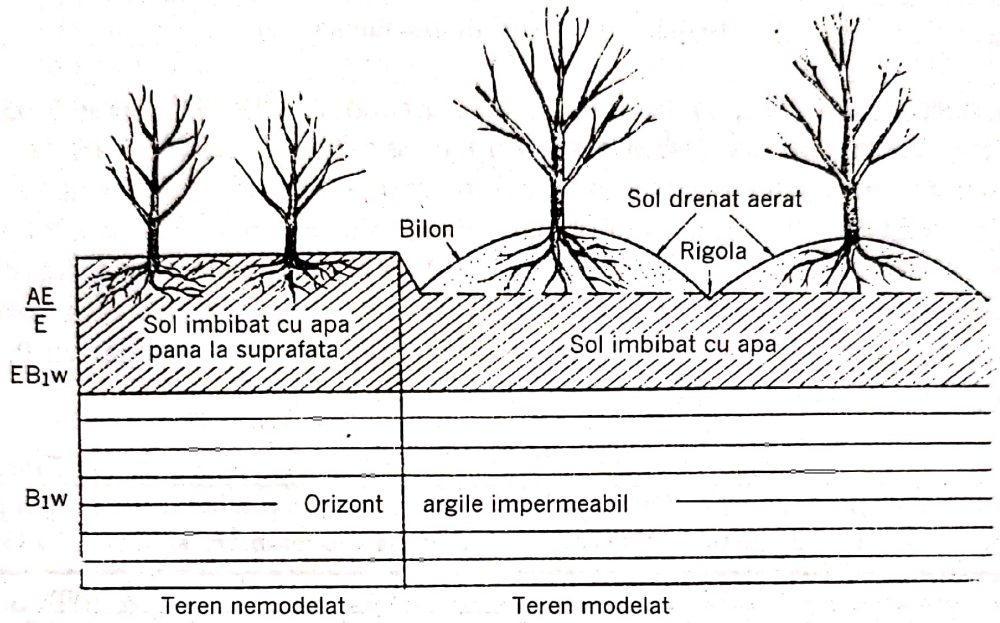


Fig. 7.8 Eliminarea excesului de umiditate și asigurarea volumului edafic de supraviețuire a pomilor pe terenuri pseudogleice (după *Teaci D.* și colab., 1985)

Tabelul 7.23

Producții medii obținute la porumb și grâu în condiții de scarificare și afânare adâncă a solului în diferite zone din țară (după *Stângă N.* și colab., 1987)

Cultura	Producția (q/ha)		Spor de recoltă	
	sol neafânat	sol afânat	q/ha	%
Porumb	48,9	57,2	8,3	16,9
Grâu	31,1	36,5	5,4	17,3

La Sînmartin, jud. Bihor, pe un sol podzolic argiloiluvial pseudogleizat, afânarea adâncă la 70 cm a sporit recolta la grâu cu 3,3 q/ha și la porumb cu 750 kg/ha (*Colibaș I.* și colab., 1972). La Albota, jud. Argeș, ca urmare a afânării solului până la adâncimea de 50 cm, producția a crescut la porumb cu 410 kg/ha iar afânarea asociată cu fertilizarea (N_{100} P_{70}) a mărit producția cu 630 kg/ha (*Nicolae C.*, 1969).

În zona centrală a Olteniei, cu soluri brun roșcate amplasarea drenurilor din ceramică la 80 cm adâncime, echidistanțat la 32 m, cu strat filtrant din balast înalt de 20 cm a înlesnit îndepărtarea excesului de apă iar recolta a sporit la grâu și porumb cu 2 q/ha și respectiv, 8 q/ha (*Cioroianu F.*, 1988). Se obțin rezultate bune la aplicarea drenajului cârtiță și drenuri sub rigole (fig. 7.9).

Scanned with OKEN Scanner

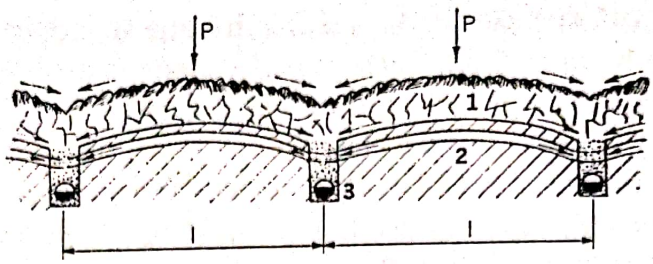


Fig. 7.9 Modelarea în benzi cu coame asociată cu afânare adâncă (1), drenaj cârtiță (2) și drenaj tubular (3)

În nord-vestul țării, la S.C.A. Livada, *Fritea L.* (1978), lucrând pe soluri podzolice afectate de stagnarea apei, obține cele mai bune rezultate în situația efectuării afânării adânci a solului, cu întoarcerea brazdei la 0,70 m cu plugul balansier PBD-60. Efectul acestei afânări se resimte pe o perioadă de până la 7 - 8 ani. Sporul de recoltă obținut în perioada 1974-1977, față de terenul lucrat obișnuit și nivelat, a fost de 72 % la porumb și de 24 - 30 % la grâu. În zona centrală a Olteniei, afânarea adâncă a solului a determinat creșterea producției cu 0,3 - 4,8 q/ha la grâu și cu 0,6 - 9,8 q/ha la porumb (tab. 7.24).

Tabelul 7.24

Influența diferitelor metode de afânare adâncă a solului asupra producției de grâu și porumb pe soluri cu exces de umiditate din Oltenia (după *Cioroianu F.* și colab., 1983)

Varianta	Grâu				Porumb			
	Teren plan		Teren în pantă		Teren plan		Teren în pantă	
	q/ha	dife-rența	q/ha	dife-rența	q/ha	dife-rența	q/ha	dife-rența
Arat la 20 cm	33,9	Mt.	38,6	Mt.	57,2	Mt.	54,3	Mt.
Desfundat la 60 cm	34,2	0,3	38,8	-0,8	61,8	4,6	54,9	0,6
Afânat cu scarificator 55-60/200 cm	36,8	2,9	40,2	0,6	63,2	6,0	59,8	5,5
Afânat cu scarificator 75-80/180 cm	38,1	4,2	44,4	4,8	66,2	9,0	54,9	0,6
Afânat 70-80/180 cm din 2 în 2 ani	38,4	4,5	-	-	67,0	9,8	-	-

Măsurile complexe de ameliorare a luvisolurilor din Depresiunea Beiuș au asigurat majorarea recoltei cu 38 % la grâu, 48 % la porumb, 30 % la trifoi și cu 37 % la inul pentru ulei (tab. 7.25). Lucrările agroameliorative aplicate pe un sol cu exces de umiditate în fosta URSS au îmbunătățit permeabilitatea acestuia (tab. 7.26). La Sânmartin - Oradea, scarificarea repetată a determinat creșterea conductivității hidraulice (*K*) de la 3,6 mm/oră la 6 sau chiar 9 mm/oră precum și reducerea rezistenței solului la penetrare aproape la jumătate. S-a dovedit eficientă afânarea adâncă a solului aplicată o dată la 4 ani(*Colibaș I.* și colab., 1994). La S.C.P.P. Fălticeni, jud. Suceava, afânarea adâncă la 40 - 60 cm aplicată pe mijlocul intervalului dintre rândurile de pomi a sporit producția de mere cu 8,7 t/ha (*Timișan N.*, 1993).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.25

Eficiența aplicării unor măsuri complexe de ameliorare a luvisolurilor albice pseudogleice din Depresiunea Beiuș (după *Colibaș I.*, 1984)

Varianta	Grâu		Porumb		Trifoi		In pentru ulei	
	q/ha	%	q/ha	%	t/ha	%	kg/ha	%
Arătură normală - martor	17,8	100	23,9	100	6,7	100	448	100
Dren ceramică (d=10 m) + scarificare	24,4	137	32,2	135	8,3	124	546	122
Dren ceramică (d=15 m) + scarificare	24,6	138	32,1	134	8,3	124	567	126
Dren ceramică (d=25 m) + scarificare	23,0	129	28,8	120	8,1	121	527	118
Dren piatră (d=10 m) + scarificare	24,3	136	35,3	148	8,3	124	614	137
Dren piatră (d=20 m) + scarificare	23,8	134	32,4	135	8,7	130	572	128
Scarificare în două sensuri	22,6	127	29,3	122	8,2	122	612	137
Scarificare într-un sens	23,7	133	33,7	141	8,2	122	597	133
Modelare în benzi (20 x 200 m)	21,7	122	33,7	141	8,3	124	589	131
Modelare + scarificare	22,2	125	33,7	141	7,3	109	566	126

Tabelul 7.26

Influența măsurilor agropedoameliorative asupra permeabilității solului (după *Nițu I.* și colab., 2000)

Variante experimentate	Viteza de infiltrație (cm/s) pentru stratul de sol:		
	0 - 20 cm	20 - 40 cm	40 - 60 cm
Arătură la 20 - 22 cm - martor	0,00208	0,00025	0,00009
Arătură la 20 - 22 cm cu subsolaj la 35 - 40 cm	0,00225	0,00100	0,00004
Arătură la 20 - 22 cm și drenaj cârtiță la adâncimea de 40 - 45 cm	0,00241	0,00050 0,00140*	0,00012
Afânare adâncă la 50 - 55 cm + arătură la 20 - 22 cm	0,00232	0,00070 0,00201*	0,00031 0,00192*
Drenaj cârtiță cu distanță de 3 m și adâncimea de 60 - 65 cm + arătură la 20 - 22 cm	0,00220	0,00030 0,00216*	0,00015 0,00146*

* - permeabilitatea pentru apă a solului sub adâncimea de deplasare a organelor active

Arătura trebuie executată imediat după recoltarea culturii premergătoare pentru că în timpul verii terenul se usucă repede și nu mai poate fi lucrat. Grăparea se aplică concomitent sau imediat după arat, realizându-se în acest fel o bună nivelare a solului. Pe terenurile înțelenite se face o arătură adâncă apoi se mărunțesc brazdele cu freza și grapa cu discuri. Ghearele frezei rup și sfarâmă țelina, realizând un strat afânat de 8 - 15 cm. Aplicând la timp arătura, discuirea, grăparea, etc, se îmbunătățesc condițiile de aerație a solului și se intensifică procesele de mineralizare a substanțelor organice și oxidarea compușilor minerali reduși, creându-se condiții favorabile pentru creșterea și dezvoltarea plantelor.

Cercetări efectuate la Balotești, S.A. Ilfov, au arătat că polielectrolitul ATS 23,1, aplicat în concentrație de 0,75 % și 1,5 % pe un sol pseudogleic luvic, cu

Scanned with OKEN Scanner

proprietăți fizico-chimice care favorizează menținerea excesului de umiditate, a determinat creşterae permeabilității pentru apă şi aer. Debitul de apă scurs prin acest sol tratat a fost de circa 20 de ori mai mare decât în varianta martor (*Voicu P.* şi colab., 1994).

Terenurile pe care se pune în evidență excesul de umiditate sunt mai reci, temperatura minimă necesară germinării semințelor atingându-se mai târziu primăvara, deoarece căldura specifică a apei este cu mult mai mare decât a celorlalte componente ale solului (tab. 3.5), fapt pentru care însămânțarea culturilor se face cu oarecare întârziere. Pericolul brumelor şi al înghețurilor târzii este mai frecvent în aceste regiuni şi de aceea este necesar să se ia măsuri de apărare a plantelor. Asigurarea unor condiții bune de vegetație permite creşterea densității culturilor pe aceste terenuri.

7.4.4 Întreținerea culturilor şi irigarea

Lucrările de întreținere trebuie efectuate la o umiditate potrivită a solului întrucât, fiind puțin permeabile, aceste soluri se zvântă greu şi se bătătoresc uşor. Ele sunt, în general, foarte îmburuienate şi de aceea la culturile prăşitoare trebuie să se aplice praşile mai dese, realizându-se în acest fel şi aerisirea mai bună a solului. Pentru combaterea buruienilor dau rezultate bune erbicidele.

Pe terenurile în pantă, pregătirea solului, semănatul şi praşilele trebuie să se execute pe direcția generală a curbelor de nivel pentru prevenirea şi combaterea eroziunii solului.

Perioadele îndelungate de secetă şi temperaturile foarte ridicate pot produce „opărirea" plantelor şi scăderea recoltei şi în zonele cu exces temporar de umiditate, motiv pentru care trebuie să se aplice irigația. Datorită adâncimii mici la care se găseşte apa freatică, pe aceste terenuri poate apare fenomenul de înmlăştinire, cu toate efectele lui negative. Pentru prevenirea acestor procese, la irigare se va ține seama de adâncimea apei freatice de la care încep să apară influențele nefavorabile asupra solului şi plantelor. Aceasta depinde şi de specia cultivată. Astfel, la păşuni şi fânețe adâncimea critică de înmlăştinare este de 0,5 - 0,7 m, la cereale şi legume de 0,7 - 0,8 m, la plantele tehnice de 0,8 - 1,0 m iar la pomii fructiferi de 1,0 - 1,2 m.

Normele de udare vor fi mici, pentru a evita băltirea apei şi ridicarea nivelului freatic prin infiltrarea unor mari cantități de apă. La calculul normei de irigare se va ține seama şi de aportul freatic. În câmpia joasă a Banatului, la Beregsău, în perioada 1974 - 1977, deficitul mediu de apă, pentru întreaga perioadă de vegetație, a fost de 230 mm la grâu, 213 mm la porumb şi 389 mm la lucerna veche. Adâncimea optimă a nivelului apei freatice a fost de 1,0 - 1,25 m (*Bărdiță I.* şi colab., 1978). Pe soluri aluvionare din Insula Mare a Brăilei, aportul freatic a variat între 5 mm şi 500 mm, în funcție de adâncimea la care era situată apa freatică (tab. 7.27).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7.27

Participarea apei freatice la acoperirea consumului de apă la cultura porumbului (mm) în Insula Mare a Brăilei (după *Vişinescu I.*, 1978)

Solul	Caracterizarea climatică a anului	Adâncimea apei freatice (m)						
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Greu	uscat (1975)	500	250	87	26	27	25	15
	umed (1974)	365	190	125	83	45	25	20
	mediu (1974)	395	201	100	40	25	21	10
Uşor mediu	uscat (1975)	500	266	150	75	30	10	10
	umed (1974)	365	146	55	18	10	10	5
	mediu (1974)	375	183	75	27	12	6	5

Reţeaua de canale va fi bine impermeabilizată sau înlocuită cu conducte îngropate pentru a se reduce la minimum pierderile de apă prin infiltraţie. Se va aplica metoda de udare prin aspersiune, care permite controlul mai riguros al cantităţilor de apă distribuite. Terenul trebuie să fie bine nivelat pentru a nu se crea condiţii de stagnare a apei la suprafaţă. Reţeaua de desecare-drenaj trebuie să funcţioneze în bune condiţiuni, pentru a se putea îndepărta excesul de apă. Suprafeţele cultivate cu orez trebuie izolate prin canale care să capteze şi să evacueze apa infiltrată din parcelele orezăriei.

Bibliografie

1. Avrigeanu Gh. şi colab., 1978 - *Cercetări şi lucrări efectuate în scopul valorificării agricole a Luncii Dunării*, Analele I.C.I.T.I.D., vol. 1, Bucureşti.
2. Bărdiţă I. şi colab., 1978 - *Contribuţii la stabilirea elementelor bilanţului apei din sol în condiţiile din câmpia joasă a Banatului (Beregsău)*, Analele I.C.I.T.I.D., vol. 1, Bucureşti.
3. Binder E. B., 1970 - *Oşuşitelnie raboti*, Gedroit i Melior, nr. 5, Moskva.
4. Bîlteanu Gh., şi colab., 1978 - *Influenţa îngrăşămintelor chimice şi plantei premergătoare asupra producţiei la porumb pe terenuri foste submerse din Lunca Dunării*, Cereale şi plante tehnice, nr. 2, Bucureşti.
5. Carnaru A. şi colab., 1975 - *Situaţia actuală şi în perspectivă a lucrărilor de îmbunătăţiri funciare*, Cereale şi plante tehnice, nr. 7, Bucureşti.
6. Cioroianu F. şi colab., 1983 - *Măsuri privind combaterea excesului de umiditate în zona centrală a Olteniei*, Cereale şi plante tehnice, nr. 11, Bucureşti.
7. Cioroianu F. şi colab., 1988 - *Cercetări privind integrare în circuitul normal de producţie agricolă a perimetrelor depresionare din zona solurilor brun roşcate*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 3, Bucureşti.
8. Colibaşi I. şi colab., 1972 - *Efectul unor măsuri ameliorative în sporirea producţiei pe soluri podzolice cu exces de umiditate din Bihor*, În: Staţiunea experimentală agricolă Oradea - zece ani de activitate în sprijinul producţiei.

Scanned with OKEN Scanner

33. Oprişan N. şi colab., 1971 - *Tehnologia lucrărilor de pregătire în vederea semănatului pe solurile cu exces de umiditate din partea de sud - vest a Banatului şi posibilităţi de mărire a potenţialului de producţie prin aplicarea de îngrăşăminte*, Lucr. şt., Institutul Agronomic Timişoara şi Direcţia Agricolă Timişoara.
34. Oprişan N., 1968 - *Contribuţii la sporirea şi îmbunătăţirea producţiei agricole pe smolniţele din sud - vestul Banatului*, Teză de doctorat, Institutul Agronomic Timişoara.
35. Podpolnîi I. F., 1972 - *Îmbunătăţirea însuşirilor hidrofizice ale solului prin măsuri agroameliorative*, Melior Vodnoi Hoz, nr. 22, Moskva.
36. Popescu Ch. şi colab., 1976- *Agrofitotehnia terenurilor ameliorate*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
37. Popescu Ch. şi colab., 1983 - *Flooding influence concerning with maize and soya crops and their enzymatic activity*, Buletin Institutul Politehnic, tom. 29, secţ. V, fasc. 1 - 5, Iaşi.
38. Popescu Ch. şi colab., 1984 - *Efectul drenajului şi a unor lucrări agrotehnice asupra producţiei de furaj pe soluri cu exces de umiditate din jud. Vrancea*, Academia Română, Memoriile secţiilor ştiinţifice, seria IV, tom 7, nr. 1, Bucureşti.
39. Popescu Ch., 1984 - *Agrofitotehnia*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
40. Popescu Ch., Bucur D., 1999 - *Apa şi producţia vegetală*, Editura Gh. Asachi, Iaşi.
41. Răuţă C., 1985 - *Solul şi apa*, Simpozionul de Îmbunătăţiri funciare, Bucureşti.
42. Sin Gh., 1983 - *Aspecte importante ale tehnologiei culturilor în exploatarea raţională a fertilităţii solului*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 11, Bucureşti.
43. Staicu I., 1969 - *Agrotehnica*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
44. Stîngă N. şi colab., 1974 - *Afânarea adâncă a solurilor tasate, afectate succesiv de deficit şi exces de umiditate*, Probleme agricole, nr. 1, Bucureşti.
45. Stîngă N. şi colab., 1987 - *Sporurile de producţie, eficienţa economică şi energetică a scarificării şi afânării adânci*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 8, Bucureşti.
46. Teaci D. şi colab., 1985 - *Influenţa condiţiilor de mediu asupra creşterii pomilor în România*, Editura Ceres, Bucureşti.
47. Timişan D. şi colab., 1993 - *Contribuţii privind aplicarea lucrărilor de scarificare în plantaţiile intensive de pomi, cu rol de prevenire a compactării solului sub efectul lucrărilor tehnologice*, Cercetări agronomice în Moldova, vol. 1 - 2, Iaşi.
48. Van den Akker, Canarache A., 2001 - *Two European concerted action on subsoil compaction*, Landnutzung und Landentwicklung 42, Blackwell Wissenschafts - Verlag, Berlin.
49. Vineş Gh., 1985 - *Lucrările solului - cerinţe, orientări*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 10, Bucureşti.
50. Vişinescu I., 1978 - *Aprovizionarea culturii de porumb din apa freatică în zona de stepă uscată, pe solurile aluvionare din Insula Mare a Brăilei*, Analele I.C.I.T.I.D., vol. I, Bucureşti.
51. Voicu P. şi colab., 1994 - *cercetări preliminare privind utilizarea amestecului de sol rezultat în urma spălării prismei drenate şi stabilizate structural cu polielectrolitul ATS 23,1 ca material drenant în amenajările de desecare - drenaj*, Lucrările Conferinţei Naţionale pentru Ştiinţa Solului, Tulcea.
52. Voicu P. şi colab., 2001 - *Cercetări privind influenţa drenajului asupra unor proprietăţi ale solurilor din câmpul Otopeni, teritoriul Baloteşti*, Conferinţa de Ştiinţa Solului Suceava.

Scanned with OKEN Scanner

"Apa e ca şi limba lui Esop, cel mai bun şi cel mai rău dintre lucruri"
C. Brisset

VIII. AMELIORAREA SOLURILOR ACIDE ŞI VALORIFICAREA LOR

8.1 Câteva însuşiri ale solurilor acide

În România, suprafaţa terenurilor cu reacţie puternic, moderat sau slab acidă depăşeşte 6 mil ha (v. tab. 2.40 şi fig. 2.6). Suprafeţe relativ mari cu soluri acide se găsesc în judeţele Satu Mare, Bihor, Timiş, Argeş, Suceava, Dâmboviţa ş. a. (tab. 8.1). Din această grupă fac parte solurile brun roşcate, solurile brune luvice (brune podzolite), luvisolurile albice, planosolurile, solurile brune acide, podzolurile etc. În timpul formării acestor soluri s-au produs o serie de procese fizice şi chimice care au determinat apariţia unor însuşiri specifice. Astfel, datorită existenţei în trecut a pădurilor şi a precipitaţiilor abundente s-a produs solubilizarea şi spălarea în adâncime a sărurilor bazice de potasiu, sodiu, calciu şi magneziu. Fenomenul debazificării continuă apoi prin substituirea cu ioni de hidrogen din apă şi din acizii fulvici ai bazelor adsorbite de la suprafaţa particulelor coloidale de argilă şi spălarea lor în profunzime. Pe aceste soluri, în evoluţie, încep să crească diferite specii de plante şi prin descompunerea substanţei organice provenite de la acestea iau naştere substanţe tanante, acizi humici şi îndeosebi acizi fulvici. Aceste substanţe acide grăbesc alterarea fizică şi chimică a mineralelor primare din roci şi ionii de hidrogen continuă să înlocuiască cationii bazici (calciu, magneziu, sodiu, potasiu) din aceste minerale, ducând la distrugerea reţelei cristaline.

În urma alterării mineralelor primare se formează silice coloidală şi hidroxizi de fier şi aluminiu, care sunt translocaţi şi se localizează în orizontul iluvial B, fie sub formă de minerale argiloase (caolinit), fie că rămân dispersaţi. Acest orizont devine greu permeabil în cazul solurilor din zona forestieră (în afară de soluri podzolice humico-feri-aluviale). Stagnarea apei din precipitaţii deasupra orizontului B determină, la aceste soluri, apariţia procesului de gleizare sau pseudogleizare. Aceasta se datorează şi microorganismelor anaerobe, care folosesc mai întâi oxigenul existent în apa din sol şi apoi determină reducerea oxizilor unor metale cu valenţă variabilă, cum ar fi Fe_2O_3 sau MnO_2, folosind oxigenul rezultat şi treptat se intensifică aciditatea solului.

Din cauza aciditătii accentuate, în aceste soluri nu găsesc condiţii bune de activitate bacteriile nitrificatoare, cele fixatoare de azot etc (tab. 8.2) şi de aceea, conţinutul solului şi al plantelor în azot este scăzut. Într-o experienţă cu vase de vegetaţie la plantele de trifoi, varul a sporit de 14 ori greutatea nodozităţilor de pe rădăcini şi de 1,7 ori conţinutul în azot al părţilor aeriene a plantelor (tab. 8.3). Se pot înmulţi în schimb, unele ciuperci şi actinomicete care pot produce substanţe inhibitoare pentru creşterea plantelor. Fosforul din aceste soluri este greu accesibil

Scanned with OKEN Scanner

pentru plante deoarece este fixat în compuşi organici sau minerali greu solubili, cum ar fi fosfaţii de fier şi de aluminiu.

Tabelul 8.1

Suprafaţa agricolă (mii ha) ocupată cu soluri podzolice (luvice) şi alte soluri acide pe judeţe şi folosinţe (după *Niţu I.* şi colab., 2000)

Judeţul	Suprafaţa totală	Folosinţe		Judeţul	Suprafaţa totală	Folosinţe	
		Arabil	Păşuni			Arabil	Păşuni
Alba	92	25	67	Iaşi	15	13	2
Arad	91	50	41	Maramureş	173	47	126
Argeş	112	66	46	Mehedinţi	43	22	21
Bacău	67	26	41	Mureş	70	24	46
Bihor	198	126	72	Neamţ	70	51	19
Bistriţa Năsăud	126	33	93	Olt	62	57	5
Botoşani	8	6	2	Prahova	36	6	30
Braşov	134	45	89	Satu Mare	123	91	32
Buzău	23	1	22	Sălaj	33	15	18
Caraş Severin	163	47	116	Sibiu	103	24	79
Cluj	92	22	70	Suceava	148	51	97
Covasna	63	11	52	Teleorman	14	14	-
Dâmboviţa	60	38	22	Timiş	112	81	31
Dolj	29	26	3	Tulcea	1	1	-
Galaţi	2	2	-	Vaslui	1	1	-
Giurgiu	11	11	-	Vâlcea	81	24	57
Gorj	79	29	50	Vrancea	14	4	10
Harghita	214	52	162	Ilfov	5	5	-
Hunedoara	148	32	116	Total	2816	1179	1637

Tabelul 8.2

Intervalul optim de reacţie (pH) a solului pentru unele bacterii

Bacterii	pH
Rhizobium sp.	6,8 - 7,2
Azotobacter chroococum	6,5 - 7,5
Clostridium pasteurianum	6,0 - 7,0
Nitrosamonas, Nitrobacter	6,5 - 7,5
Streptomyces celhilosae	6,2 - 7,0

Nutriţia plantelor cu fosfor şi molibden depinde în mare măsură şi de cantitatea de aluminiu mobil existent în sol, deoarece acesta reduce mult accesibilitatea elementelor respective. Când ionii de aluminiu depăşesc o anumită concentraţie în soluţia solului, devin toxici pentru plante. Toxicitatea aluminiului poate fi mult atenuată dacă se aplică amendamente sau îngrăşăminte fosfatice şi gunoi de grajd. Sunt sensibile la aluminiu, în special, lucerna, porumbul, floarea soarelui, mazărea, grâul şi orzul. Sensibilitatea plantelor faţă de aluminiu se resimte, în deosebi, în primele faze de vegetaţie.

Nutriţia plantelor cu potasiu este de asemenea, defectuoasă pe solurile acide, deoarece ionii de hidrogen şi cei de aluminiu frânează asimilarea potasiului de către plante. Tot în aceste soluri se poate acumula manganul bivalent, ajungând în cantităţi toxice şi deranjând metabolismul substanţelor proteice şi al glucidelor. În

Scanned with OKEN Scanner

tabelul 8.4 se prezintă câteva caracteristici ale unor soluri acide din diferite zone ale țării.

Tabelul 8.3

Influența îngrășămintelor și amendamentelor asupra plantelor de trifoi
(după *Turciu F. V.*, 1955)

Superfosfat (g/vas)	Mraniță (g/vas)	Var (g/vas)	Trifoi (s. u.)		Nodozități (g)	Azot în masa aeriană (%)
			Masa aeriană (g)	Rădăcini (g)		
Martor			6,2	8,1	0,15	1,61
1	6	1	6,8	7,6	0,35	1,79
1	-	8	22,9	14,4	2,10	2,88
1	6	8	24,4	16,9	2,00	2,79
0,5	-	8	23,4	14,3	2,00	2,78

Tabelul 8.4

Principalele caracteristici fizice și chimice ale solurilor podzolice
(după *Teaci*, citat de *Nițu I.* și colab., 2000)

Regiunea	Argilă (%)		Permea-bilitate (mm/oră)	Grad de tasare (%)	Reacția solului (pH)	Aluminiu mobil (mg/100 g sol)	Humus (%)	Fosfor	Potasiu
	Strat arat	Orizonturi inferioare						accesibil plantelor (mg/kg sol)	
Oltenia și Muntenia	25-30	50 - 60	0,2 - 0,3 (f. mică)	10 - 14 (mare)	acidă (5,0-5,5)	5 - 10 (potențial toxic)	1,5-2,0 (sărac)	10-20 (sărac)	100-150 (mediu)
Banat și Crișana	20-25	40 - 45	0,3 - 0,5 (f. mică)	10 - 14 (mare)	acidă (5,0-5,2)	5 - 10 (potențial toxic)	1,5-2,0 (sărac)	10-20 (sărac)	100-150 (mediu)
Transilvania	25-30	40 - 45	0,3 - 0,5 (f. mică)	10 - 14 (mare)	acidă (5,0-5,8)	5 - 10 (potențial toxic)	1,5-2,0 (sărac)	10-20 (sărac)	100-150 (mediu)
Moldova	20-25	30 - 35	1,0 - 1,5 (f. mică)	8 - 12 (mijlocie)	acidă (5,2-5,5)	5 - 10 (potențial toxic)	1,5-2,0 (sărac)	10-20 (sărac)	100-150 (mediu)
Depresiuni	20-25	35 - 40	0,4 - 0,6 (mică)	8 - 12 (mijlocie)	puternic acidă (4,5-5,0)	10 - 20 (toxic)	1,5-2,0 (sărac)	5 (f. sărac)	60-80 (sărac)
Soluri brune acide	15-20	10 - 12	10 - 50 (mare)	0 (f. mic)	puternic acidă (4,0-5,0)	30 (toxic)	1,5-2,0 (sărac)	5 (f. sărac)	60 (sărac)
Valori normale	X	x	2	0	slab acidă neutră (6,5-7,0)	0	2,5-3,0	35	120-150

Pentru ridicarea capacității de producție a solurilor acide trebuie să se aplice amendamente și îngrășăminte în doze potrivite, să se cultive plante ce pot valorifica aceste soluri și să se execute lucrări agricole corespunzătoare.

Scanned with OKEN Scanner

8.2 Particularitățile culturii plantelor pe soluri acide

8.2.1 Rotația culturilor

Tabelul 8.5

Recolta câtorva culturi la diferite valori ale pH-ului (% din recolta maximă) (după *Staicu I.*, 1969)

Cultura	Valori pH				
	4,7	5,0	5,7	6,8	7,5
Porumb	34	73	83	100	85
Grâu	68	76	89	100	99
Ovăz	77	93	99	98	100
Orz	0	23	80	95	100
Lucernă	2	9	42	100	100
Trifoi roşu	12	21	53	98	100
Soia	65	79	80	100	93
Timoftică	31	47	66	100	95

Plantele de cultură dau recolte bune pe soluri cu reacție neutră, slab acidă sau slab alcalină, după cum arată şi datele din tabelul 8.5. Numai câteva specii pot creşte şi pe soluri cu pH mai mic de 5,5 (tab. 8.6 şi tab. 8.7).

Dintre plantele perene care se întâlnesc pe solurile acide amintim: *Nardus stricta*, *Vaccinium myrtillus*, *Calluna vulgaris*, *Luzula albida*, *Lycopodium selago* iar pe solurile scheletice *Deschampsia flexuosa*, *Filago minima* etc. Folosirea pe aceste terenuri a unui asolament de 6 - 7 ani determină sporuri mari de recoltă față de monocultură (fig. 8.1).

La întocmirea asolamentului pe solurile acide va trebui să se țină seama de cerințele diferitelor specii de plante, însuşirile solului, amendamentele şi îngrăşămintele aplicate, condițiile climatice, etc. După aplicarea amendamentelor şi îngrăşămintelor, în zona forestieră cu soluri podzolice se pot cultiva: secara, grâul, orzul de toamnă, ovăzul, sfecla de zahăr, cartoful, inul de fuior iar pe suprafețe mai mici, fasolea, mazărea şi soia. Ca plante furajere se cultivă trifoiul pe solurile cu fertilitate potrivită şi ghizdeiul pe solurile mai puțin productive.

Pe un sol brun de pădure podzolit, la Livada, jud. Satu Mare, s-au obținut rezultate bune cultivând următoarele plante furajere anuale: secara, iarba de Sudan, porumbul furajer. Producții bune dau culturile succesive, cum ar fi porumbul furajer sau iarba de Sudan, însămânțate după recoltarea secarei de toamnă. Dintre plantele furajere suculente au dat producții mari varza furajeră, sfecla semizaharată şi cea furajeră. În general, este bine să se aplice rotații complexe, renunțându-se la un sortiment restrâns de plante.

În zona forestieră cu soluri brune, brune podzolice, cenuşii, dau rezultate bune grâul, porumbul, orzul, secara, cartoful. Dintre leguminoasele furajere se cultivă lucerna pe terenurile unde s-au aplicat amendamente şi îngrăşăminte organice în doze mari. Rotația grâu - porumb nu este recomandată deoarece maturizarea porumbului întârzie iar însămânțarea grâului nu se poate face la epoca optimă. Recolte bune se obțin la cultura grâului după trifoi, mai ales dacă se aplica şi îngrăşăminte iar porumbul dă producții mari când este cultivat după trifoi, lucernă sau ghizdei. Leguminoasele perene au un rol ameliorator pe solurile acide deoarece îmbunătățesc structura, apără solul împotriva eroziunii, măresc permeabilitatea lui pentru apă şi aer, sporindu-i conținutul în substanță organică şi azot. *Staicu I.* (1969), arată că un asolament pe solurile acide poate cuprinde următoarele plante:

Scanned with OKEN Scanner

1. trifoi, borceag, fasole, mazăre, soia;
2. grâu, secară, orz;
3. porumb, cartof, sfeclă de zahăr;
4. cereale de primăvară cu trifoi în cultură ascunsă iar o parte din solă in şi cânepă.

Tabelul 8.6

Cerinţele plantelor de câmp şi furajere faţă de pH-ul solului (în H_2O)
(după *Velicica Davidescu* şi *Davidescu D.*, 1999)

Plantele	Limitele pH între care plantele cresc şi se dezvoltă cel mai bine	Observaţii
Tolerante la aciditate (pH 4 - 6)		
Festuca ovina	4,5 - 6,0	Creşte chiar şi sub pH 5, sensibil la alcalinitate
Festuca pratensis	4,5 - 7,0	Creşte şi se dezvoltă şi la pH între 4,5 - 8,0
Cartof	5,0 - 6,0	
Lupin galben	5,0 - 6,0	Creşte şi se dezvoltă şi la pH între 4,0 - 7,5
Ovăz	5,0 - 6,0	Creşte şi se dezvoltă bine şi pe soluri cu pH sub 5 sau peste 6 (7,6)
Iarba câmpului	5,0 - 6,0	
Orez	5,0 - 6,0	
Seradela	5,0 - 6,0	
Secară	5,0 - 6,0	
Festuca rubra	5,5 - 6,5	
Mijlociu tolerante la aciditate (pH 5 - 7)		
Hrişcă	5,5 - 7,0	Creşte şi se dezvoltă şi la pH între 4,0 - 8,5
Grâu	5,5 - 6,5	
Tutun	5,5 - 7,5	
Sorg	5,5 - 7,5	
Porumb	5,5 - 7,5	
Timoftică	5,5 - 8,0	
In pentru fuior	6,0 - 6,5	Sensibil atât faţă de aciditate cât şi de alcalinitate
Cânepă	6,0 - 7,0	
Golomăţ	6,0 - 7,0	
Raigras	6,0 - 7,0	
Lupin dulce	6,0 - 7,0	
Phalaris	6,0 - 7,0	Creşte şi se dezvoltă şi la pH între 5 - 8

Solele sunt împărţite în 2 - 3 subdiviziuni (parcele) şi cuprind tot atâtea culturi. Atunci când grâul şi porumbul trebuie să ocupe suprafeţe mai mari se poate folosi următoarea rotaţie: grâu, porumb, trifoi, grâu, porumb, sfeclă de zahăr, cartof. *Borlan Z.* şi colab. (1969), consideră că pe terenurile puternic podzolite, cu o fertilitate naturală scăzută, este necesar să se introducă o solă săritoare cu ghizdei. Acesta suportă mai bine decât alte leguminoase variaţiile de aciditate şi umiditate ale solului.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8.7

Cerinţele legumelor, pomilor şi arbuştilor fructiferi faţă de pH-ul solului (în H_2O)
(după *Velicica Davidescu* şi *Davidescu D.*, 1999)

Plantele	Limitele pH între care plantele cresc şi se dezvoltă cel mai bine	Plantele	Limitele pH între care plantele cresc şi se dezvoltă cel mai bine
LEGUME		POMI ŞI ARBUŞTI FRUCTIFERI	
Mijlociu tolerante la aciditate		**Tolerante la aciditate (pH 4 - 6)**	
Hrean	5,5 - 7,0	Agriş	4,6 - 4,8
Ridiche neagră	5,5 - 7,0	Zmeur	5,0 - 6,0
Tomate	5,5 - 7,0	Coacăz	6,0 - 7,0
Castraveţi	5,5 - 7,0	Frag	6,0 - 7,0
Gulii	5,7 - 7,0	Prun	6,0 - 7,0
Batat	5,8 - 7,0	**Mijlociu tolerante la aciditate (pH 4 - 6)**	
Pepene verde	6,0	Vița de vie	5,5 - 6,5
Dovlecei	6,0 - 7,0	Măr (soiuri nordice)	5,5 - 7,0
Morcov	5,8 - 7,0	Cireş	5,8 - 7,0
Rheum (rabarber)	6,0 - 7,0	Piersic	5,8 - 7,0
Ridiche	6,0 - 7,0	Cais	7,0
Ţelină	6,0 - 7,0	Vişin	7,0

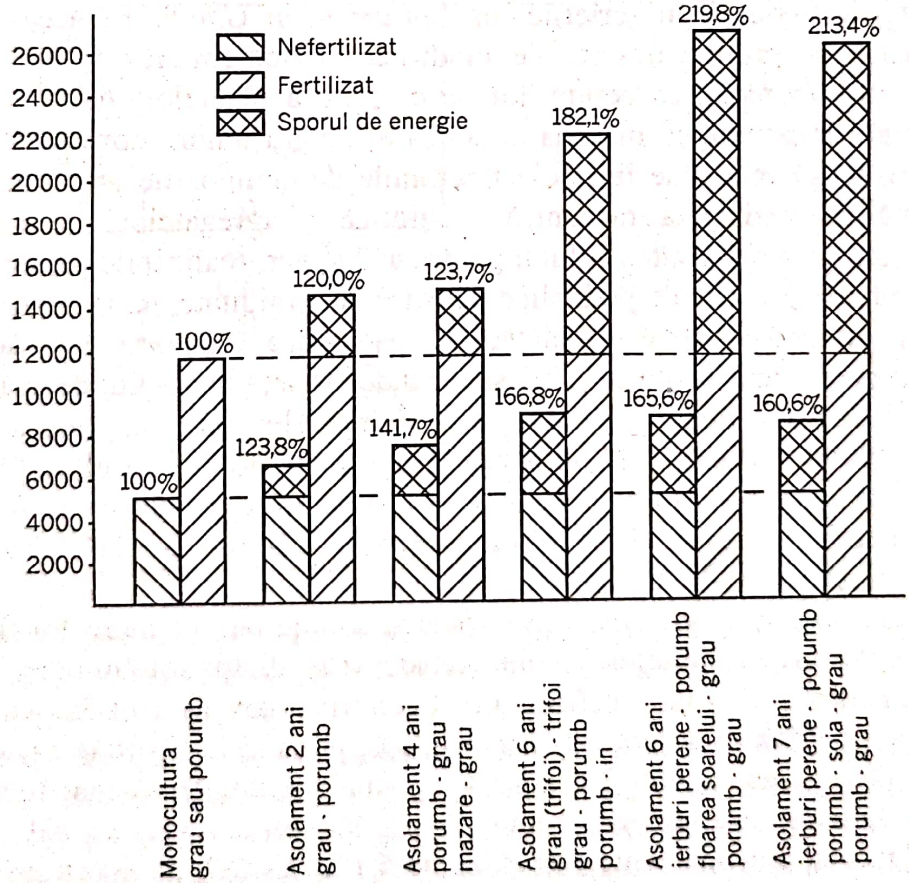


Fig. 8.1 Producţia şi sporul de energie, valori mediii pe asolament, pe agrofond nefertilizat şi fertilizat, pe sol podzolic argiloiluvial la Albota - Argeş

Scanned with OKEN Scanner

La pomii fructiferi reacția solului influențează desfășurarea fenomenelor de schimb cationic. Reacția solului, corelată cu textura, influențează în mare măsură dezvoltarea diferitelor specii. Se remarcă cireşul, care suportă reacții ale solului de la slab acide (pH = 5,5 - 5,8) până la slab alcaline (pH = 7,5 - 8,0). Piersicul creşte bine pe soluri slab alcaline (pH = 7 - 8). Pe solurile cu textură nisipoasă sau argiloasă pomii suportă mai bine aciditatea. În general, reacția slab alcalină spre neutră este cea mai favorabilă pentru creşterea pomilor iar la valori pH sub 5 sau mai mari de 8 pomii nu cresc bine. Pe solurile extrem de acide se creează condiții nefavorabile de nutriție şi se manifestă toxicitatea aluminiului mobil. Saturarea solului în baze şi starea de mobilitate a aluminiului se pot corecta prin aplicarea amendamentelor.

Din punct de vedere al conținutului solului în $CaCO_3$, speciile pomicole se deosebesc mult. Sunt tolerante caisul, porumbul şi cireşul şi puțin tolerante piersicul, părul şi, mai ales, mărul. Pe terenurile în pantă, odată cu amenajarea teraselor pot fi aduse la suprafață straturi bogate în carbonați, situație în care piersicul, părul şi mărul nu se pot dezvolta normal (*Teaci D.* şi colab., 1985).

8.2.2 Folosirea amendamentelor şi îngrăşămintelor

Aplicarea amendamentelor sau „văruirea" solului se practică de mii de ani, după cum menționează în scrierile lor *Collumela* şi *Caton*. Pe această cale, în solurile acide se produc o serie de modificări fizico-chimice şi biologice care contribuie la îmbunătățirea condițiilor de creştere a plantelor. Astfel, calciul din amendamente împreună cu materia organică din îngrăşăminte formează humați de calciu, care leagă mai bine între ele fracțiunile de compoziție granulometrică ale solului, mărind rezistența mecanică şi hidrică a agregatelor. În acest fel se îmbunătățeşte permeabilitatea solului pentru apă şi aer, realizându-se o nutriție mai bună a plantelor. Pe solurile podzolice cu exces de umiditate, unde se aplică lucrări de drenaj, amendamentele prezintă, de asemenea, importanță, căci măresc capacitatea pentru apă a solului şi înlesnesc îndepărtarea excesului de apă.

Un rol deosebit de important al amendamentelor este acela de a neutraliza aciditatea solului, reducând şi conținutul în aluminiu mobil. Astfel, la Livada, jud. Satu Mare, doza de 5 - 10 t/ha $CaCO_3$ a modificat pH-ul solului cu 0,6- 1,0 unități şi a redus conținutul solului în aluminiu mobil de la 20,0 - 23,5 la 2 - 10 mg/100 g sol (*Boeriu I.* şi colab., 1972).

Amendamentele determină şi modificarea solubilității elementelor fertilizante, îmbunătățind nutriția plantelor. Astfel, reducerea acidității solului creează condiții favorabile pentru bacteriile nitrificatoare şi cele fixatoare de azot din aer (tab. 8.8) iar materia organică se descompune mai intens, punând în libertate azotul necesar plantelor. Datele din tabelul 8.9 arată că plantele acumulează mai mult azot pe terenurile care primesc amendamente. Pe un sol brun luvic, cu pH = 5,4, din Podişul Sucevei, amendamentele în doză de 5 t/ha $CaCO_3$ au sporit conținutul în proteină brută a boabelor de grâu cu 1,0 - 2,4 g/100 g s.u. (*Dornescu D.* şi colab., 1988).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8.8

Variația numerică a microorganismelor ca urmare a neutralizării cu calcar a acidității unui sol și a fertilizării cu *NPK* și gunoi de grajd (după *Ștefanic*, citat de *Eliade Gh.* și colab., 1975)

Data determinării	Aprilie		Mai		Iunie	
Microflora / g sol	martor	tratat	martor	tratat	martor	tratat
Bacterii heterotrofe (mil)	5,2	19	1,6	19	11	13
Bacterii celulolitice (mii)	2,0	130	0,5	22	0,2	0,1
Bacterii fixatoare de azot (unit.)	0	10	10	100	100	100
Actinomicete (mii)	50	300	140	6300	1400	1100
Ciuperci (mii)	80	50	380	380	95	62

Tabelul 8.9

Influența amendamentelor asupra asimilării de către plante a câtorva elemente nutritive (după *Borlan Z.* și colab., 1969)

Planta	Dozele de amendament (t/ha)	Conținutul relativ al plantei în:				
		azot	fosfor	magneziu	bor	calciu
Trifoi coasa a 2-a	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	0,5	104,2	110,5	108,0	89,5	106,0
	1,0	110,0	125,8	116,0	76,0	107,0
Trifoi coasa a 3-a	0	-	-	100,0	100,0	100,0
	0,5	-	-	106,0	91,6	106,0
	1,0	-	-	103,0	84,3	110,0
Fasole (vreji)	0	-	-	-	100,0	100,0
	0,5	-	-	-	86,0	105,0
	1,0	-	-	-	69,8	120,0
Floarea-soarelui	0	-	-	100,0	100,0	-
	0,5	-	-	102,0	81,5	-
	1,0	-	-	105,0	64,5	-
Orz (paie)	0	100,0	100,0	-	100,0	100,0
	0,5	107,5	111,5	-	187,0	114,0
	1,0	126,8	124,5	-	241,0	125,0
Orz (boabe)	0	100,0	100,0	-	-	-
	0,5	97,5	108,0	-	-	-
	1,0	104,9	138,3	-	-	-

Pe un sol podzolic puternic acid de la Baia Mare, amendamentele au sporit producția la grâu, orz și ovăz, mărind numărul boabelor în spic și masa a 1000 de boabe (*Bretan I.* și colab., 1967).

În urma descompunerii substanței organice din sol se acumulează la suprafața elementelor structurale ale solului și cantități mai mari de fosfor mobil. Acizii și alte substanțe organice, rezultate în urma procesului de descompunere, fixează fierul și aluminiul în complexe stabile și eliberează astfel, acidul fosforic din compușii minerali greu accesibili. Cercetările au dovedit că la o creștere a pH-ului de la 5 la 6 unități, solubilitatea acidului fosforic din monofosfatul de hidroxid-

Scanned with OKEN Scanner

aluminiu a sporit de zece ori. Conținutul în fosfor al plantelor cultivate pe aceste soluri crește proporțional cu doza de amendamente aplicate (tab. 8.9).

Aplicarea amendamentelor modifică în mare măsură și regimul potasiului din sol. Astfel, se reduce concentrația potasiului în soluția solului, în schimb, crește capacitatea plantelor de a folosi potasiul din sol. Efectul pozitiv al amendamentelor asupra solurilor acide nu constă deci în creșterea directă a mobilității ionilor de potasiu din sol, ci în crearea condițiilor de mediu pentru asimilarea mai activă a potasiului de către plante. Efectul antagonist al ionilor de calciu asupra asimilării potasiului , la valori pH > 6, depinde de capacitatea de schimb a rădăcinilor plantelor. Astfel, acest efect antagonist este mai mare la plantele de trifoi decât la cele de orz, deoarece rădăcinile trifoiului au o capacitate mai mare de schimb cationic decât orzul.

Prin aplicarea amendamentelor se creează în sol un mediu chimic favorabil și pentru asimilarea mai intensă a ionilor de calciu de către plante, precum și a unor cantități mari de magneziu; de aceea sunt necesare pe aceste soluri și îngrășăminte cu magneziu. De asemenea, cercetările din ultimele decenii dovedesc că amendamentele determină scăderea conținutului în bor hidrolizabil din solurile acide, astfel că odată cu amendamentele se vor aplica și îngrășăminte cu bor (tab. 8.9).

La stabilirea dozei de amendamente trebuie să se ia în considerație valoarea de neutralizare a acestora sau conținutul în substanță activă (tab. 8.10), precum și pH-ul solului în extras apos și în extras salin, îngrășămintele aplicate (tab. 8.11), conținutul solului în aluminiu schimbabil (tab. 8.12), textura solului și gradul de saturație cu baze (tab. 8.13). Se consideră, aproximativ, că pentru a schimba reacția solului cu o unitate pH, sunt suficiente, în general, 2,0 - 2,5 t/ha *CaO* pentru solurile cu textură grosieră și 3,0-3,5 t/ha *CaO* pentru solurile cu textură fină.

Tabelul 8.10

Principalele materiale folosite în amendarea calcică (după *Nițu I.* și colab., 2000

Denumirea	Starea materialului înainte de aplicare	w (%g/g)	Conținut echivalent de s. a. sub formă de:		Corpuri străine (%)	Volum (t/m^3)	Greutate (m^3/kg)	Felul acțiunii
			CaO	$CaCO_3$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Piatră de var ($CaCO_3$)	Pulbere care trece: 30% prin sita de 0,15 mm; 50% prin sita de 0,3 mm; 40÷44% prin sita de 1,65 mm. Fără particule cu $\varphi > 5$ mm	10	42-56	75-100	2,56	0,4-0,55	1800-2200	Lentă
Var ars (CaO)	Praf obținut prin măcinare și stingere înceată	5	95-100	178	1,0	0,8-0,14	700-1800	Rapidă
Var stins ($Ca(OH)_2$)	Praf obținut prin stingerea varului cu apă (3:1)	25	75	131	5,0	0,80-1,4	1100-1200	Rapidă

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8.10 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tuf calcaros ($CaCO_2$ + nisip şi argilă)	Masă spongioasă uscată şi sfărâmată până la trecerea prin sita de 2,5 - 5,0 mm	20	40-50	80-90	10	0,8-1,25	200-800	Mijlocie
Marnă ($CaCO_3$ + 30÷35% argilă)	Praf prin uscare şi cernere	10	14-42	25-75	20	0,80	6600-8200	Mijlocie
Dolomit ($CaCO_3$ + $MgCO_3$)	Praf prin uscare şi mărunţire	10	40-54	70-97	10	0,67	1500	Mijlocie
Spumă de defecare	Masă spongioasă ce trebuie măcinată	30	30-40	54-57	0,3-0,5 N 0,8-2 P_2O_5 0,15 K_2O 10-15 subst. organice	1	1000	Rapidă
Zgură de furnal		5	30-50	54-90	0,1-0,2 P_2O_5	-	-	Rapidă

Tabelul 8.11

Influenţa amendamentelor şi îngrăşămintelorasupra producţiei la grâu şi porumb aplicate pe sol brun podzolit oligobazic (după *Borlan Z. şi colab.*, 1969)

Îngrăşăminte	Amendamente					
	Neamendat	Calcar 5 t/ha	Spor recoltă kg/ha	Neamendat	Calcar 5 t/ha	Spor recoltă kg/ha
	Grâu (kg/ha)			Porumb (kg/ha)		
Nefertilizat	900	1170	270	2730	3210	480
N_{100}	1400	2120	700	3240	4400	1160
Spor recoltă (kg/ha)	520	950	-	510	1190	-
P_{70}	1050	1380	330	2630	3370	740
Spor recoltă (kg/ha)	150	210	-	-100	160	-

Tabelul 8.12

Caracterizarea solurilor cu pH acid după conţinutul în aluminiu schimbabil (după *Velicica Davidescu* şi *Davidescu D.*, 1999)

Conţinut ppm Al	Caracterizare	Necesitatea corectării reacţiei acide a solului prin amendamente
< 40	extrem de scăzut	Nu este cazul
41 - 80	foarte scăzut	Nu este cazul
81 - 160	scăzut	Nu este cazul
161 - 300	mijlociu	Numai pentru culturi sensibile
301 - 600	ridicat	Se aplică amendamente calcaroase
> 600	foarte ridicat	Se aplică amendamente calcaroase

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8.13

Aprecierea necesarului de amendamente calcaroase după pH şi gradul de saturaţie cu baze în sol (după *Velicica Davidescu* şi *Davidescu D.*, 1999)

pH-ul în extract KCl 0,1 n	Gradul de saturaţie cu baze (V %)		Aciditatea solului	Necesitatea amendării
	Varietatea texturală			
	uşoare	grele		
< 4,5	< 50	< 60	Ridicată	Mare
4,6 - 5,0	50 - 60	60 - 75	mijlocie	mijlocie
5, 1 - 5,5	60 - 70	75	Scăzută	Scăzută
> 5,6	> 70	80	Apropiată de neutru	Nu este necesară

Cercetări efectuate la Albota, jud. Argeş (1963-1966) şi Dumbrava, jud. Neamţ (1962 - 1966) au arătat că unele dintre produsele reziduale folosite ca amendamente au sporit producţia la grâu, porumb şi cartof mai mult decât praful de var sau calcarul măcinat (tab. 8.14). Pe primul loc s-a situat spuma de defecaţie de la fabrica de zahăr care a sporit recolta la grâu cu 220 - 660 kg/ha, la porumb cu 440 - 680 kg/ha şi la cartof cu 3200 kg/ha. S-a constatat că praful de ciment, spuma de defecare şi zgura de furnal au sporit recolta la 11 plante de cultură, în medie pe 5 ani, cu 36,6-45,6% pe podzolul pseudogleizat de la Livada (tab. 8.15).

Tabelul 8.14

Influenţa unor reziduuri industriale folosite ca amendamente asupra producţiei la grâu, porumb şi cartof (kg/ha) (după *Borlan Z.* şi colab. 1969)

Amendemente	Albota-Argeş		Dumbrava-Neamţ		
	Grâu	Porumb	Grâu	Porumb	Cartof
Neamendat	1.590	2.660	1.640	5.250	20.600
Precipitat de la Govora	2.130	3.160	-	-	-
Spumă de defecaţie	2.250	3.340	1.860	5.690	23.800
Praf de ciment	2.110	3.240	1.560	5.530	21.800
Zgură de furnal	-	-	1.850	5.760	23.300
Praf de var	2.190	3.190	-	-	-
Calcar măcinat	2.115	3.275	1.510	5.320	23.300

Tabelul 8.15

Sporul relativ de recoltă obţinut prin folosirea unor amendamente calcaroase la Livada (media 1962 - 1966 pentru 11 plante de cultură) (după *Borlan Z.* şi colab. 1969)

Amendamente	Doza corespunzătoare la 5 t $CaCO_3$ (t/ha)	Spor recoltă faţă de neamendat (%)
Praf de ciment - Turda	7,7	45,6
Zgură de furnal - Hunedoara	8,6	44,3
Dolomit - Măgureni	5,8	37,0
Spumă de defecaţie - Luduş	8,2	36,6
Calcar - Bucium	3,5	30,6
Var praf	3,0	23,0

Scanned with OKEN Scanner

Efectul favorabil al acestor produse s-a remarcat chiar din primul an după aplicare. Pe un sol brun cenuşiu de pădure, la Graşi-Tg. Neamţ, cu valoarea pH de 5,96, aplicarea ca amendament a unor produse reziduale bogate în calciu şi a carbonatului de calciu a determinat sporirea recoltei la grâu cu 11,6 - 14,4 %, la porumb cu 1,1 - 9,6 % şi la cartof cu 5,9 - 10,9 %. Asocierea acestor amendamente cu 20 t/ha gunoi de grajd a adus sporuri ceva mai mari de recoltă la grâu (până la 54,4 %), porumb (11,9 - 16,0 %) şi cartof (17,2 - 25,2 %). Amendamentele aplicate împreună cu îngrăşăminte chimice ($N_{64}P_{48}K_{32}$) au mărit mai mult producţia celor trei culturi. Astfel, sporul de recoltă faţă de solul neîngrăşat şi neamendat a ajuns la grâu la 82,2 %, la porumb 18,9 % şi la cartof 40,1 % (tab. 8.16). Cele mai bune rezultate s-au obţinut cu zgura de furnal şi spuma de defecaţie. Rezultatele bune care s-au obţinut la folosirea acestor produse ca amendament se consideră că se datorează atât calciului cât şi microelementelor pe care le conţin.

Tabelul 8.16

Influenţa gunoiului de grajd şi a unor reziduuri bogate în calciu asupra producţiei la grâu, porumb şi cartof la Graşi-Tg. Neamţ (1962-1965) (după *Dornescu D.* şi colab. 1967)

Îngrăşăminte	Amendamente		Grâu		Porumb		Cartof	
	Produsul	t/ha	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Neîngrăşat - Neamendat			1582	100,0	5523	100,0	20370	100,0
-	Zgură de furnal	5,0	1767	111,6	6055	109,6	22170	108,8
-	Praf de clincher	4,5	1527	96,5	5814	105,2	21590	105,9
-	Carbonat de calciu	4,5	1538	97,2	5585	101,1	21600	106,0
-	Spumă de defecaţie	8,0	1811	114,4	5939	107,5	22600	110,9
Gunoi 20 t/ha	-	-	2259	142,7	6231	112,8	23890	117,2
	Zgură de furnal	5,0	2405	152,0	6181	111,9	24690	121,2
	Praf de clincher	4,5	2399	151,6	6265	113,4	24840	121,9
	Carbonat de calciu	4,5	2444	154,4	6356	115,0	25220	123,8
	Spumă de defecaţie	8,0	2374	150,0	6410	116,0	25510	125,2
$N_{64}P_{48}K_{32}$ (kg/ha)	-	-	2712	171,4	6539	118,3	27950	137,2
$N_{64}P_{48}K_{32}$	Zgură de furnal	5,0	2823	182.2	6444	116.6	28730	141.0
$N_{64}P_{48}K_{32}$	Praf de clincher	4,5	2733	172,7	6403	115,9	27820	136,5
$N_{64}P_{48}K_{32}$	Carbonat de calciu	4,5	2725	172,7	6568	118,9	28540	140,1
$N_{64}P_{48}K_{32}$	Spumă de defecaţie	8,0	2633	166,4	6405	115,9	27730	136,1

Încorporarea amendamentelor în sol se face, de obicei, odată cu arătura. Când amendamentele se folosesc în cantitate mare, 1/2 sau 2/3 din ele se îngroapă sub brazdă odată cu arătura iar 1/2 sau 1/3 se împrăştie la suprafaţă şi se amestecă cu solul prin discuire, grăpare, etc. Pentru culturile de toamnă, amendamentele se îngroapă în sol odată cu arătura de vară iar pentru culturile de primăvară odată cu arătura de toamnă.

Pe păşuni şi fânețe, amendamentele se împrăştie din toamnă la suprafaţa terenului şi apoi se grăpează. Influenţa amendamentelor se evidenţiază după 2 - 4 ani de la aplicare, se menţine ridicat 8 - 10 ani şi apoi scade treptat. Pentru a prelungi acţiunea favorabilă a amendamentelor se pot aplica doze mici "de

Scanned with OKEN Scanner

menținere". *Borlan Z.* şi colab. (1969) arată că la Horodnic, jud. Suceava, pe un podzol argilo-iluvial, carbonatul de calciu folosit ca amendament a sporit recolta cu 630 kg/ha la grâu, 714 kg/ha la porumb şi cu 400 kg/ha la cartof. Pe pajiştile situate în zona podzolurilor pseudogleice din nord-vestul Transilvaniei, amendamentele au sporit recolta de substanță uscată cu 14,0 - 31,2 %, stimulând creşterea leguminoaselor şi sporind conținutul în proteină al nutrețului.

Urmărindu-se comportarea diverselor culturi față de amendamente, s-a putut observa că reacționează evident la aplicarea amendamentelor plantele care nu suportă reacția puternic acidă a solului; speciile care cresc bine pe solurile acide s-au dovedit puțin sensibile la amendamente. Pe baza unor experiențe organizate la Livada, jud. Satu Mare, *Borlan Z.* şi colab. (1969) clasifică plantele în raport cu reacția la calcalizare corespunzător datelor din tabelul 8.17.

Tabelul 8.17

Clasificarea plantelor în raport cu reacția la calcarizare
(media a 6 tipuri de amendamente - Livada, 1962-1966)

Planta cultivată	Neamendat	Spor de recoltă la amendare	
	kg/ha	kg/ha	%
Floarea-soarelui	480	800	165,9
Orzoaică	300	520	173,3
Grâu	1370	1440	105,2
In pentru fibre (semințe)	350	230	66,6
Mazăre	740	450	61,1
In pentru fibre (tulpini)	2660	1490	55,8
Perene furajere (s. u.)	4910	1740	35,4
Porumb	2640	870	32,8
Cartof	17710	2850	16,1
Ovăz	1880	160	8,5
Lupin alb	1850	60	3,0

Luând în considerație producțiile ce se obțin pe solurile acide, plantele agricole se pot împărți în trei grupe:

1. plante nepotrivite pentru solurile acide întrucât dau producții scăzute (floarea-soarelui, orzoaică, mazăre);
2. plante care pot fi cultivate pe soluri acide folosind amendamente (grâul, porumbul, inul, unele graminee şi leguminoase perene);
3. plante specifice solurilor acide (cartoful, ovăzul, lupinul alb).

Rezultă deci că amendamentele creează premisele unei nutriții mai bune a plantelor pe solurile acide dar conținutul în humus al acestor soluri este scăzut iar rezerva de substanțe nutritive este redusă. Îngrăşămintele minerale şi organice reprezintă principalul mijloc de ridicare a fertilității acestor soluri. Efectul amendamentelor se amplifică în prezența îngrăşămintelor, după cum sporul de recoltă datorită îngrăşămintelor este mai mare pe terenurile unde s-au aplicat amendamente (fig. 8.2). Datele cuprinse în tabelul 8.11 arată că amendamentele

Scanned with OKEN Scanner

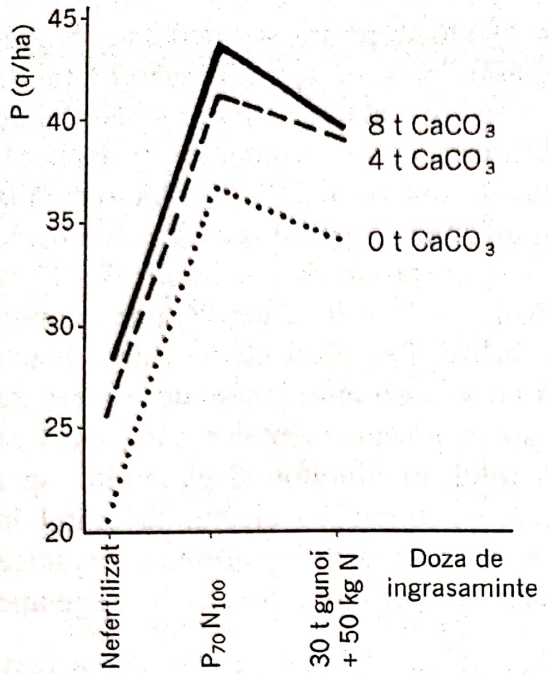


Fig. 8.2 Influența calcarizării și fertilizării asupra producției de grâu la Albota - Argeș

sporesc recolta la grâu și porumb mai mult în prezența îngrășămintelor cu azot și mai puțin în prezența celor cu fosfor. Îngrășămintele cu azot determină sporuri duble de recoltă la aceleași culturi în prezența amendamentelor. Îngrășămintele fosfatice au efecte mai slabe decât cele azotate dar amendamentele amplifică efectul lor. Așadar, nu este economic să se administreze îngrășăminte pe terenurile acide, înainte de a se aplica amendamente.

Odată cu amendamentele este bine să se încorporeze în sol unele îngrășăminte minerale (nitrocalcar, cianamidă de calciu, termofosfați etc). Unele îngrășăminte cum ar fi: azotatul de amoniu, sulfatul de amoniu, superfosfatul etc, nu se pot amesteca cu amendamentele înainte de aplicare. Gunoiul de grajd aplicat împreună cu amendamentele influențează favorabil condițiile de nutriție a plantelor, stabilitatea hidrică a agregatelor structurale și însușirile fizice și biologice ale solului. La Rothamstead (Anglia), grâul cultivat timp de 73 ani pe un sol podzolit a dat recolte mai mari la fertilizarea cu gunoi de grajd față de situația în care s-au administrat îngrășăminte minerale (tab. 8.18).

Tabelul 8.18

Producția grâului de toamnă în monocultură pe diferite agrofonduri la stațiunea Rothamstead, pe un sol podzolit (după *Subin V. F.*, 1957)

Varianta	Producția medie (q/ha)		
	73 ani	Prima recoltă după ogorul neocupat *	A patra recoltă după ogorul neocupat
Fără îngrășăminte	8,5	20,1	11,4
Gunoi de grajd 30 t/ha anual	24,6	33,0	22,8
Sulfat de amoniu 250 kg/ha	13,8	21,6	17,8
Sulfat de amoniu 500 kg/ha + superfosfat 437,5 kg/ha	15,6	21,6	16,5
Sulfat de amoniu 500 kg/ha + superfosfat 437,5 kg/ha + sulfat de potasiu 250 kg/ha	21,6	31,7	20,3
Sulfat de amoniu 500 kg/ha	20,4	29,2	22,8

* din 5 în 5 ani s-a repetat ogorul neocupat

Scanned with OKEN Scanner

Analize microbiologice şi enzimologice efectuate pe un sol podzolic în jud. Satu Mare au arătat că amendamentele şi îngrăşămintele au sporit numărul total de bacterii din sol de la $182 \cdot 10^5$ la $1200 \cdot 10^5$ la 100 g sol. Odată cu sporirea pH-ului de la 4,56 la 6,49 s-a intensificat şi activitatea dehidrogenazică, catalazică, fosfatazică, ureazică (tab. 8.19). Gunoiul se administrează în cantităţi de 20 - 30 t/ha, o dată la 3 - 4 ani. La Albota, jud. Argeş, gunoiul de grajd aplicat împreună cu amendamente şi doze mici de îngrăşăminte azotoase, a determinat sporuri de recoltă de 47 - 57 % la porumb şi respectiv de 45-75% la grâu (tab. 8.20). Rezultate foarte bune se obţin pe pajişti cu gunoiul de ovine aplicat prin târlire. Pe soluri cu fertilitate foarte scăzută, gunoiul de grajd se aplică împreună cu îngrăşăminte minerale. El trebuie aplicat la 3 - 4 ani după încorporarea în sol a amendamentelor căci, dacă se administrează în acelaşi timp, se atenuează rolul ameliorator al gunoiului, spre deosebire de îngrăşămintele minerale, la care se amplifică efectul favorabil în prezenţa amendamentelor. Este preferabil să se distribuie îngrăşăminte organice înainte de însămânţarea culturilor prăşitoare cu perioadă lungă de vegetaţie (porumb, cartof, sfeclă pentru zahăr etc).

Tabelul 8.19

Rezultatele analizelor microbiologice şi enzimologice la probele de sol tratate şi netratate cu amendamente şi fertilizanţi chimici şi organici (după *Ardelean G.* şi colab., 2001)

Indicatori	neamendat		amendat		$N_{100}P_{70}K_{60}$ neamendat		$N_{100}P_{70}K_{60}$ amendat		$N_{100}P_{70}K_{60}$ + gunoi neamendat		$N_{100}P_{70}K_{60}$ + gunoi amendat	
Adâncimea (cm)	0-25	25-50	0-25	25-50	0-25	25-50	0-25	25-50	0-25	25-50	0-25	25-50
Nr. total bacterii x 10^5/100 g sol	182	96	860	620	110	64	980	740	210	114	1200	940
Activitate dehidrogenazică actuală (mg formazan x 10^{-2}/100 g sol)	8,63	3,494	14,26	4,84	3,99	2,6	20,47	8,49	10,13	3,71	24,32	3,78
Activitate catalazică (mg H_2O_2/100 g sol)	204,8	218,8	117,8	72,93	117,8	92,56	137,4	154,3	230,0	272,1	147,5	95,37
Activitate fosfatazică (mg fenol/100 g sol)	39,18	27,71	25,97	20,77	34,91	26,37	17,31	15,71	27,17	21,17	11,62	8,24
Activitate ureazică (mg N/100 g sol)	15,68	50,38	21,15	5,25	30,78	58,05	49,61	17,75	26,28	58,18	16,8	10,0
pH	4,56	4,95	6,4	5,24	4,04	4,32	6,4	6,68	4,48	4,68	6,49	7,55

La S.C.P.P. Fălticeni, jud. Suceava, doza de 3 t/ha $CaCO_3$ + 60 t/ha gunoi de grajd aplicată pe un sol brun argilo-iluvial molic, cu pH = 5,6, a redus efectul negativ de „oboseală a solului" şi a sporit recolta într-o livadă de cireş, în medie, cu 6,5 kg pe pom (*Moroşanu V.* şi colab., 2000).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8.20

Influența calcarizării și fertilizării organice și chimice asupra producției la grâu și porumb pe podzol argilo-iluvial la Albota, jud. Argeș (după *Cremenescu Gh.* și colab., 1974)

Varianta	Necalcarizat		4 t/ha $CaCO_3$		8 t/ha $CaCO_3$	
	Producția					
	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%
Porumb						
Nefertilizat	32,8	100	38,0	100	40,1	100
$N_{100}P_{70}$	44,4	135	47,2	124	53,3	132
30 t gunoi + N_{50}	51,8	147	59,7	157	62,5	155
Grâu						
Nefertilizat	14,5	100	19,1	100	20,6	100
$N_{100}P_{70}$	27,6	190	31,2	163	33,2	173
30 t gunoi + N_{50}	25,5	175	29,6	156	30,0	145

Îngrășămintele minerale care se folosesc pe solurile acide trebuie să aibă reacție neutră sau alcalină. Astfel, dintre îngrășămintele cu azot dă rezultate foarte bune nitrocalcarul, din grupa îngrășămintelor fosfatice, superfosfatul iar dintre cele cu potasiu sarea potasică. Nu sunt recomandate azotatul de amoniu și sulfatul de amoniu, care sporesc aciditatea solului. Ureea dă rezultate mai bune pe solurile acide decât azotatul de amoniu.

Tabelul 8.21

Influența irigării și a îngrășămintelor asupra producției la câteva plante cultivate pe podzol (q/ha)

Irigare	Fertilizare			Fertilizare		
	Martor nefertilizat	N + P	Spor de recoltă	Martor nefertilizat	N + P	Spor de recoltă
	Grâu			Orz		
Neirigat	15,7	35,1	19,4	15,9	33,9	18,0
Irigat	18,3	41,4	23,1	22,1	39,7	17,6
Spor recoltă	2,6	6,3	-	6,2	5,8	-
	Porumb			Soia		
Neirigat	22,5	66,0	43,5	12,7	17,4	14,7
Irigat	31,9	96,8	64,9	19,1	24,6	5,5
Spor recoltă	9,4	30,8	-	6,4	7,2	-
	Borceag de toamnă			Lucernă		
Neirigat	14,2	21,1	6,9	21,5	33,6	12,1
Irigat	18,8	29,9	11,1	32,0	50,2	18,2
Spor recoltă	4,6	8,8	-	10,5	16,6	-

În general, îngrășămintele cu azot contribuie, în cea mai mare măsură, la sporirea recoltei pe solurile acide, deoarece conținutul în azot al acestor soluri este relativ scăzut. Îngrășămintele cu fosfor dau rezultate bune atunci când se aplică împreună cu cele azotate, în prezența amendamentelor. Aplicate separat,

Scanned with OKEN Scanner

îngrăşămintele fosfatice pot diminua recolta la porumb pe terenul neamendat (tab. 8.11). Îngrăşămintele potasice s-au dovedit necesare pe solurile acide, la cultura porumbului, alături de cele azotate şi fosfatice şi pot spori recolta cu peste 30 % pe soluri podzolice pseudogleizate, sărace în potasiu. În unele cazuri, sarea potasică a sporit recolta şi la grâu. Rezultă deci că pe solurile acide, lutoase şi luto-nisipoase, trebuie să se aplice anual 60 - 80 kg K_2O/ha, alături de amendamente şi îngrăşăminte cu azot şi fosfor. Pentru ca plantele să găsească în sol suficiente substanţe nutritive din primele faze de vegetaţie, îngrăşămintele minerale cu azot, fosfor şi potasiu se aplică pe aceste terenuri odată cu pregătirea solului, la semănat şi în măsură mai mică în timpul vegetaţiei.

Urmărind efectul îngrăşămintelor şi oportunitatea irigării pe podzolurile din nord-vestul Câmpiei Române, *Enescu D.* şi colab. (1974) obţin datele prezentate în tabelul 8.21, care dovedesc că îngrăşămintele (100 - 200 N + 100 P_2O_5 la hectar), împreună cu amendamentele (5 t/ha $CaCO_3$), au sporit recolta la toate culturile iar irigarea numai la grâu, porumb, borceag şi lucernă (masă verde). Irigarea este eficientă numai în anii secetoşi dar trebuie aplicate norme mici de udare astfel ca solul să nu fie umectat pe o adâncime mai mare de 40 - 60 cm, pentru a evita levigarea unor elemente nutritive.

8.2.3 Lucrările solului

Solurile acide sunt situate în regiuni bogate în precipitaţii, însă repartiţia acestora este neuniformă în timpul anului. De aceea, lucrările solului trebuie astfel aplicate încât să asigure îndepărtarea excesului de apă în perioadele ploioase cât şi rezerva de apă necesară în intervalele secetoase. Pentru îndepărtarea excesului de apă se execută lucrări de desecare şi se pregăteşte corespunzător solul iar împotriva secetei se acţionează prin efectuarea arăturilor adânci, care permit înmagazinarea unor cantităţi mai mari de apă în sol. Excesul de umiditate se manifestă, de regulă, iarna, primăvara timpuriu şi la începutul verii. În aceste condiţii, aerul din spaţiul lacunar devine insuficient pentru plante iar temperatura rămâne cu 5 - 6 °C mai scăzută. Asemenea situaţii se întâlnesc cu precădere în zonele din partea nordică a ţării noastre.

În afara lucrărilor de desecare, pe aceste terenuri se execută arături în spinări şi şanţuri la marginea fâşiilor, nivelarea terenului sau desfundarea lui. Direcţia de efectuare a arăturii trebuie astfel aleasă încât să permită scurgerea apei către şanţurile marginale. La Oarja şi Albota, jud. Argeş, arătura în spinări pe fâşii late de 12 - 16 m a avut ca efect creşterea producţiei de grâu cu 390 kg/ha (*Borlan Z.* şi colab., 1969). Prin nivelarea terenului se evită colectarea şi băltirea apei în zonele mai joase. O dată la 5 - 6 ani se poate efectua desfundarea la adâncimea de 50 - 70 cm, asigurând în acest fel acumularea unor rezerve mai mari de apă în sol şi îmbunătăţirea însuşirilor fizice, chimice şi biologice ale solului. La Ciurea, jud. Iaşi, afânarea solului la 60 - 70 cm adâncime o dată la 4 - 5 ani şi aplicarea îngrăşămintelor a determinat dublarea producţiei la porumb, comparativ cu cea obţinută pe terenul lucrat numai cu polidiscul (*Popescu Ch.* şi colab., 1988).

Scanned with OKEN Scanner

Desfundarea solului acid de la Livada - Satu Mare, a sporit producția la grâu și porumb cu 34 % și respectiv 35 % față de arătura normală (tab. 8.22). Odată cu desfundarea este necesar să se aplice amendamente și îngrășăminte.

Tabelul 8.22

Efectul lucrărilor de desfundare, amendare și fertilizare pe un sol podzolic la Livada, jud. Satu-Mare (după *Boeriu I-.* și colab., 1978)

Lucrările solului	Amenda-mente t/ha	Gunoi t/ha	N t/ha	P t/ha	K t/ha	Grâu		Porumb	
						q/ha	%	q/ha	%
Arat 20 - 22 cm	Martor netratat					11,3	100	33,2	100
Arat 20 - 22 cm	10,5	-	300	300	150	28,5	252	46,8	141
Arat + scormonitor	10,5	-	300	300	150	28,8	255	49,1	148
Desfundat la 70 cm	10,5	-	300	300	150	32,3	286	55,1	166
	10,5	80	300	300	150	32,2	285	58,6	176

Perioada optimă de lucrare a solurilor acide este relativ scurtă motiv pentru care trebuie să se asigure baza materială necesară efectuării lucrărilor la timp. Vara, după recoltarea culturilor, terenul trebuie arat imediat. Întârzierea arăturii cu 60 de zile a scăzut recolta de grâu cu 570 kg/ha la Stațiunea experimentală Oradea. Pe terenurile îmburuienate, după arătura de vară se aplică și o arătură de toamnă, cu această ocazie încorporându-se în sol amendamente și îngrășăminte organice. Cu 7 - 8 zile înainte de semănat, terenul se lucrează cu polidiscul, urmat de grapă, pentru a se asigura buna încorporare a semințelor în sol.

Adâncimea arăturii trebuie modificată de la an la an pentru a se evita formarea hardpanului. Pe solurile cu strat arabil subțire se poate mări grosimea lui afânând fundul brazdei. Scoaterea orizontului podzolic la suprafață poate duce la diminuarea producției. În general, adâncimea arăturii nu trebuie să depășească 20 - 25 cm pe solurile brune podzolite din nordul țării. Pe solurile acide din partea sudică, arătura adâncă, la 25 - 30 cm, a sporit producția de porumb cu 312 kg/ha la Preajba, jud. Gorj (*Borlan Z.* și colab., 1969). Pentru culturile care se însămânțează primăvara trebuie să se execute arături adânci de toamnă. La Stațiunea experimentală Albota, jud. Argeș, porumbul a dat o producție mai mică cu 39 % pe terenul arat primăvara, față de cel arat toamna.

Bibliografie

1. Ardeleanu C. și colab., 2001 - *Studiul activității enzimatice a microflorei din solurile podzolite tratate cu amendamente și fertilizanți în județul Satu Mare*, Conferința Națională pentru Știința Solului, Suceava.
2. Borlan Z. și colab., 1972 - *Ameliorarea solurilor acide*, Editura Agrosilvică, București.
3. Boeriu I. și colab., 1972 - *Cercetări privind ameliorarea însușirilor fizice, chimice și biologice ale solurilor acide pseudogleizate*, În: Cercetări în sprijinul producției agricole - Livada, Satu Mare.

Scanned with OKEN Scanner

4. Boeriu I. şi colab., 1968 - *Ameliorarea unui sol podzolic pseudogleizat prin desfundare şi amendare calcică*, Analele I.S.P.I.F., vol. 2, Bucureşti.
5. Bretan I. şi colab., 1967 - *Influenţa în timp a amendamentului calcaros pe soluri cu aciditate diferită*, Ştiinţa solului, nr. 5, Bucureşti.
6. Cremenescu Gh. şi colab, 1974 - *Sistemul de fertilizare şi amendare pe soluri podzolice şi podzolite*, Probleme agricole, nr. 1, Bucureşti.
7. Davidescu Velicica şi colab., 1999 - *Compendium agrochimic*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
8. Davidescu D. şi colab., 1988 - *Agrochimia*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
9. Dornescu D. şi colab., 1967 - *Influenţa amendamentelor calcaroase şi a îngrăşămintelor la grâu, porumb şi cartof în condiţiile pedoclimatice de la GAS Graşi - Tg. Neamţ*, În: Zece ani de activitate ştiinţifică la S.C.A. Podu Iloaiei - Iaşi.
10. Dornescu D. şi colab., 1988 - *Influenţa îngrăşămintelor şi amendamentelor asupra grâului de toamnă pe sol brun roşcat în Podişul Sucevei*, Cercetări agronomice în Moldova, nr. 2, Iaşi.
11. Enescu D. şi colab., 1974 - *Oportunitatea irigării culturilor de câmp pe podzolurile din nord - vestul Câmpiei Române*, Probleme agricole, nr. 1, Bucureşti.
12. Eliade Gh., şi colab., 1975 - *Microbiologia solului*, Editura Ceres, Bucureşti.
13. Lungu I. şi colab., 1960 - *Rezultate experimentale cu îngrăşăminte şi amendamente la porumb, grâu şi ovăz pe solul brun podzolit de la Oarja - Argeş*, Analele I.C.A.R., vol. 28 A, Bucureşti.
14. Moroşanu V. şi colab., 2000 - *Rezultate privind manifestarea şi prevenirea fenomenului de „oboseală a solului" la specia cireş, în condiţiile agroecosistemului pomicol Fălticeni - Suceava*, Cercetări agronomice în Moldova, vol. 1 - 2, Iaşi.
15. Niţu I. şi colab., 2000 - *Lucrările agropedoameliorative*, Editura Agris, Bucureşti.
16. Popescu Ch. şi colab., 1988 - *Influenţa lucrărilor solului, a îngrăşămintelor şi amendamentelor asupra producţiei la porumb în zona Repedea, judeţul Iaşi*, Academia R.S.R., Memoriile secţiilor ştiinţifice, seria IV, tom X, nr. 1, Editura Academiei Române, Bucureşti.
17. Popescu Ch., Bucur D., 1999 - *Apa şi producţia vegetală*, Editura Gh. Asachi, Iaşi.
18. Popescu Ch., Bucur D., 2002 - *Protecţia mediului şi valorificarea în agricultură a unor deşeuri, reziduuri şi ape uzate*, Editura Tehnopress, Iaşi.
19. Popescu Ch. şi colab., 1976 - *Agrofitotehnia terenurilor ameliorate*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
20. Staicu I., 1969 - *Agrotehnica*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
21. Subin V. F., 1957 - *Pe câmpurile din Rothamstead*, Zemledelie, nr. 2, Moskva.
22. Teaci D. şi colab., 1970 - *Bonitarea terenurilor agricole*, Editura Ceres, Bucureşti.
23. Turcin F. V., 1955 - *Nutriţia plantelor şi aplicarea îngrăşămintelor*, În: Pedologia şi agrochimia în sprijinul măririi fertilităţii solului, Editura Academiei Române, Bucureşti.
24. Teaci D. şi colab., 1985 - *Influenţa condiţiilor de mediu asupra creşterii pomilor în România*, Editura Ceres, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

„Pentru fericirea şi salvarea lumii este esenţial de a planta înainte de a construi"
Ph. Saint Marc

IX. EROZIUNEA EOLIANĂ ŞI VALORIFICAREA TERENURILOR NISIPOASE

9.1 Nisipurile din România şi principalele lor însuşiri

Nisipul este format din particule grosiere de diferite dimensiuni (v. tab. 1.21) iar solurile nisipoase mai conţin şi argilă, praf, humus etc. În România, suprafeţe relativ mari de terenuri nisipoase se află în judeţele Dolj, Mehedinţi, Tulcea (tab. 9.1). Repartiţia pe zone geografice a acestor terenuri se prezintă în tabelul 2.11.

Nisipurile nesolificate se deosebesc de cele solificate după conţinutul de humus şi argilă. Din prima categorie fac parte nisipurile mobile şi semimobile, cu 0,5 - 1,0 % humus şi 5 - 10 % argilă fizică iar din categoria a doua fac parte nisipurile fixe, cu 1,0 - 1,5 % humus şi 10 - 15 %argilă fizică. Nisipurile mobile sunt purtate de vânt şi nu sunt acoperite cu vegetaţie. Ele reprezintă un pericol pentru terenurile limitrofe, pe care le pot acoperi datorită deflaţiei. Vântul cu viteza de 10 - 11 m/s poate antrena particule de nisip cu diametrul până la 0,1 mm (tab. 9.2). *Velikanov M. A.*, citat de *Moţoc M.* şi colab. (1955) arată că între viteza vântului şi dimensiunea particulelor de nisip există următoarea relaţie:

$$\frac{v^2}{g \cdot d} = 14 + \frac{0{,}006}{d} \qquad (9.1)$$

în care:

- v - viteza vântului (m/s);
- g - acceleraţia gravitaţiei (m/s^2);
- d - diametrul particulelor de nisip (mm).

Distanţa de depunere a particulelor de nisip este cu atât mai mare cu cât diametrul lor este mai mic (tab. 9.3). Nisipurile semimobile sunt mişcate numai atunci când viteza vântului este foarte mare şi în situaţia în care sunt acoperite cu vegetaţie spontană în proporţie de circa 50 %. Nisipurile fixe sunt acoperite de vegetaţie ierboasă sau arborescentă.

Conţinutul în elemente nutritive al nisipurilor depinde de natura rocilor din care provin. Astfel, nisipurile care conţin cuarţ în proporţie mare sunt foarte sărace, cele formate pe granit au un grad mediu de aprovizionare cu substanţe fertilizante iar nisipurile terţiare calcaroase sunt mai fertile. În general, prezenţa fracţiunilor de feldspat, pirogen, mică şi amfiboli imprimă nisipului o fertilitate mai ridicată decât cuarţul. Procesul de solificare se produce mai intens în zonele situate între dunele de nisip, unde se adună mai multe particule fine, apa se menţine ceva mai bine şi se acumulează substanţă organică. De regulă, nisipurile conţin peste 90 % siliciu şi în cantităţi foarte mici alte elemente (tab. 9.4).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9.1

Suprafețe cu nisipuri și soluri nisipoase (mii ha) și modul lor de folosință (după *Niță I.* și colab., 2000)

Județul	Total	Arabil, vii și livezi	Pășuni	Păduri	Neproductiv
Arad	4,8	3,9	1,0	0,5	0,4
Argeș	2,1	1,4	0,4	-	0,3
Bacău	20,3	10,6	5,2	2,0	2,5
Bihor	10,5	6,7	1,4	1,9	0,5
Bistrița Năsăud	3,0	1,0	0,6	1,4	-
Botoșani	1,4	1,0	-	-	0,3
Brașov	1,2	1,0	-	-	0,2
Brăila	31,7	27,0	1,2	3,4	0,3
Buzău	12,6	10,5	0,4	1,4	0,3
Caraș Severin	5,0	4,0	0,5	0,5	-
Călărași	5,0	2,5	1,5	1,0	-
Cluj	0,2	-	0,2	-	-
Constanța	6,9	2,3	4,4	0,2	-
Covasna	2,1	1,3	0,5	0,3	-
Dâmbovița	2,6	1,8	0,6	0,2	-
Dolj	129,8	107,8	5,8	15,5	0,7
Galați	15,6	9,4	2,6	3,6	-
Giurgiu	9,0	5,5	0,5	3,0	-
Gorj	8,1	3,9	1,8	1,7	0,7
Harghita	0,3	0,2	0,1	-	-
Hunedoara	0,3	0,1	0,1	-	0,1
Ialomița	8,2	4,8	1,9	1,5	-
Iași	0,5	0,2	0,2	-	0,1
Maramureș	3,4	1,6	1,2	-	0,6
Mehedinți	49,6	38,3	0,4	10,1	0,8
Mureș	1,5	0,7	0,3	0,5	-
Neamț	4,1	1,8	0,2	0,6	1,5
Olt	12,3	11,0	0,6	0,5	0,2
Prahova	0,6	0,2	0,2	-	0,2
Satu Mare	13,2	7,6	2,7	1,9	1,0
Sălaj	4,0	0,5	1,8	1,5	0,2
Sibiu	3,0	1,8	-	-	1,2
Suceava	1,3	1,0	-	-	0,3
Teleorman	8,9	7,0	0,9	0,8	0,2
Timiș	14,4	14,1	-	-	0,3
Tulcea	45,3	14,5	21,6	3,3	5,9
Vaslui	10,1	7,0	2,5	0,3	0,3
Vâlcea	6,4	6,0	-	-	0,4
Vrancea	4,8	2,0	0,5	0,5	1,8
Ilfov	2,0	1,5	0,2	0,3	-
Total	467,7	322,7	64,0	58,4	22,6

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9.2

Dimensiunile particulelor translocate de vânt
(după *Fet*, citat de *Lupaşcu Gh.*, 1998)

Viteza vântului (m/s)	Diametrul particulelor de sol translocate (mm)
4,5 - 6,7	0,025
6,7 - 8,4	0,050
8,4 - 9,8	0,075
9,8 - 11,4	0,100
11,4 - 13,0	0,150

Tabelul 9.3

Distanța de transport a materialului purtat de vânt
(după *Juva*, citat de *Dârja M.*, 2000)

Diametrul particulei (mm)	Distanța de transport	Diametrul particulei (mm)	Distanța de transport
8 - 1	câțiva metri	0,0625 - 0,0312	peste 300 km
1 - 0,125	1 - 1,5 km	0,0312 - 0,0156	peste 1500 km
0,125 - 0,0625	câțiva km	< 0,0156	în jurul pământului

Tabelul 9.4

Principalele însuşiri chimice ale nisipurilor şi solurilor nisipoase
din diferite zone ale țării pe adâncimea de 0 - 50 cm (după *Dorneanu A.*, 1976)

Zona	Humus (%)	N total (%)	P_2O_5 total (%)	K_2O mobil (me/100 g sol)
Delta Dunării				
Nisipuri de dună	0,25 - 0,3	0,03 - 0,04	0,058 - 0,064	4,2 - 4,5
Nisipuri de interdună	0,3 - 1,2	0,03 - 0,09	0,05 - 0,065	2,0 - 4,5
Bărăgan				
Nisipuri de dună	0,4 - 0,9	0,03 - 0,08	0,04 - 0,06	4,5 - 14,0
Nisipuri de interdună	0,5 - 1,5	0,06 - 0,1	0,05 - 0,09	3,0 - 19
Soluri nisipoase de interdună	1,2 - 4,2	0,10 - 0,25	0,05 - 0,15	6,0 - 58
Soluri nisipoase cernoziomice	1,6 - 2,8	0,12 - 0,18	0,07 - 0,12	10,4 - 15
Câmpia Tecuciului				
Nisipuri slab şi mediu humifere	0,5 - 0,8	0,04 - 0,05	0,04 - 0,046	10 - 13,5
Soluri nisipoase cernoziomice	0,6 - 1,4	0,05 - 0,08	0,03 - 0,06	11 - 23
Câmpia din nord-vestul țării				
Nisipuri de dună	0,2 - 0,4	0,01 - 0,03	0,04 - 0,045	3,5 - 7,0
Nisipuri de interdună	0,7 - 0,8	0,03 - 0,05	0,04 - 0,05	15 - 20
Soluri nisipoase cernoziomice	0,5 - 1,5	0,04 - 0,08	0,04 - 0,06	15 - 22
Sudul Olteniei				
Nisipuri de dună	0,2 - 0,5	0,01 - 0,02	0,03 - 0,04	8 - 12
Nisipuri de interdună	1,0 - 1,3	0,05 - 0,07	0,04 - 0,05	13 - 15
Soluri nisipoase cernoziomice	1,3 - 1,8	0,06 - 0,08	0,06 - 0,08	13 - 15

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9.5

Principalele însuşiri fizice ale nisipurilor şi solurilor nisipoase din diferite zone ale țării pe adâncimea de 0 - 50 cm (după *Dorneanu A.*, 1976)

Zona	Compoziția		DA (t/m^3)	CH (% g/g)	CO (% g/g)	CC (% g/g)	Porozitatea (%)
	Nisip > 0,02 mm (%)	Argilă < 0,002 mm (%)					
Delta Dunării							
Nisipuri de dună	> 95	< 3,2	1,57	> 0,3	> 1,3	...	...
Nisipuri de interdună	> 95	2,3 - 3,8	1,6 - 1,66	0,3 - 1,4	1,3 - 3,6	...	...
Bărăgan							
Nisipuri de dună	74 - 95	1 - 4,8	1,43 - 1,5	> 1,3	> 2,0	8,9 - 9,5	38 - 47
Nisipuri de interdună	75 - 93	2 - 12	1,45 - 1,5	> 2,2	> 3,4	13,5 - 14,5	40 - 46
Soluri nisipoase de interdună	75 - 85	5 - 10,2	1,34 - 1,5	> 2,6	> 3,9	17,8 - 18,2	42 - 49
Soluri nisipoase cernoziomice	69 - 75	11 - 17	1,34 - 1,5	> 3,5	> 5,2	19 - 21	44 - 48
Câmpia Tecuciului							
Nisipuri slab şi mediu humifere	76 - 88	3,5 - 10	1,3 - 1,45	> 1,0	> 1,5	11 - 14,5	47 - 49
Soluri nisipoase cernoziomice	68 - 75	8 - 14	1,3 - 1,35	> 1,5	> 2,5	16 - 19	48 - 50
Câmpia din nord-vestul țării							
Nisipuri de dună	80 - 95	2,4 - 3,2	1,5 - 1,58	> 0,8	> 1,3	8 - 9,5	40 - 45
Nisipuri de interdună	80 - 88	4,5 - 6,0	1,45	> 1,5	> 2,5	9 - 12	47 - 49
Soluri nisipoase cernoziomice	65 - 75	6 - 12	1,35	> 3,5	> 5,0	15 - 18	46 - 50
Sudul Olteniei							
Nisipuri de dună	80 - 95	3,2 - 3,5	1,37	> 1,2	> 1,9	8,1 - 8,5	48 - 49
Nisipuri de interdună	75 - 92	5 - 5,2	1,38	> 2,0	> 2,8	10 - 12	46 - 48
Soluri nisipoase cernoziomice	75 - 85	8 - 12	1,3 - 1,35	> 1,5	> 3,0	17 - 20	44 - 48

Terenurile nisipoase sunt alcătuite în procent de peste 62 % din particule de nisip, fapt care imprimă solului anumite însuşiri fizice, chimice şi biologice. Temperatura terenurilor nisipoase variază mult de zi la noapte şi de la un anotimp la altul. Datorită căldurii specifice scăzute a nisipului şi conductivității calorice ridicate, temperatura la suprafață se poate ridica, în timpul verii, până la 60 - 70 °C. Apa este reținută în cantitate foarte mică în aceste terenuri întrucât cantitatea de lichid adsorbită creşte direct proporțional cu suprafața specifică a materialului constituent al solului. Suprafața desfăşurată a unui gram de nisip este de numai 1,4 m^2, față de 976 m^2 a unui gram de argilă, fapt care explică cantitățile mult mai mici de lichid reținute de solurile nisipoase în comparație cu cele argiloase (*Neag G.*, 1997). Coeficientul de higroscopicitate este cuprins între 0,3 % şi 3,5 %, coeficientul de ofilire între 1,3 % şi 5,2 % iar capacitatea pentru apă în câmp între 8 % şi 12 % (tab. 9.5) şi în consecință, solurile nisipoase înmagazinează de 4 - 5 ori

Scanned with OKEN Scanner

mai puțină apă decât alte soluri. Datorită coeficientului de ofilire scăzut, accesibilitatea apei pentru plante este mai mare decât pe solurile cu textură fină iar plantele pot folosi apa din ploile reduse cantitativ. Ascensiunea capilară este rapidă în primele ore dar, nu depășește 50 - 60 cm chiar după 20 - 30 zile (v. fig. 1.15).

Prezența unui strat de nisip uscat la suprafață terenului împiedică evaporarea apei în sol. Prin condensarea vaporilor, în nisip se acumulează însemnate cantități de apă. *Bodrov A.*, citat de *Obrejanu G.* și colab. (1972), arată că în decurs de un an se poate aduna o cantitate de apă de până la 970 m^3/ha din condensarea vaporilor. Aceste terenuri se pot tasa mult, densitatea aparentă ajungând până la 1,5 - 1,8 g/cm^3, fapt care determină reducerea permeabilității. În general, cantitatea de apă infiltrată în unitatea de timp pe solul nisipos tasat se reduce aproximativ la jumătate față de cel afânat. Coeziunea este redusă și de aceea, solurile nisipoase se lucrează ușor. Descompunerea substanței organice se produce mai repede pe solurile nisipoase decât pe cele argiloase, datorită abundenței oxigenului și lipsei unor minerale argiloase care pot fixa acizii humici. Substanțele nutritive sunt ușor levigate în profunzime, datorită permeabilității ridicate a solurilor nisipoase. Se estimează că o ploaie de 10 mm umezește solul nisipos până la 14 cm adâncime, cel lutos până la 5,2 cm iar cel argilos până la 3,8 cm. De aceea, solurile nisipoase sunt, în general, slab aprovizionate cu substanțe nutritive și îngrășămintele trebuie aplicate în cantități mai mari dar, fracționat în doze moderate, la intervale scurte de timp.

9.2 Eroziunea eoliană

Eroziunea solului sau a rocilor este produsă de curenții de aer prin procesele de deflație sau denudare și de coraziune. Deflația constă în spulberarea particulelor solide de la suprafața terenului iar coraziunea definește procesul de roadere a rocilor de către aerul în mișcare încărcat cu particule solide. Eroziunea prin vânt este influențată de climă, relief, sol, vegetație și de factorul antropic. Dintre factorii climatici prezintă importanță regimul eolian, precipitațiile atmosferice și temperatură, căci solul umed este supus mai greu deflației. Formele de relief prezintă importanță în corelație cu intensitatea și viteza vântului dominant iar părțile superioare ale formelor pozitive (vârful dunelor) sunt mai expuse eroziunii. Principalele însușirile ale solului care influențează procesul sunt textura, structura și coeziunea, cel mai ușor fiind deplasate nisipurile mobile. Vegetația frânează eroziunea și este de dorit ca terenurile nisipoase să fie acoperite în permanență cu vegetație sau resturi vegetale. Prin multiplele și variatele sale

*Fig. 9.*1 Furtună de nisip

Scanned with OKEN Scanner

activităţi, omul poate frâna sau amplifica procesul de eroziune, aşa cum s-a întâmplat, spre exemplu, în Oltenia, prin defrişarea pădurilor de stejar şi a plantaţiilor de salcâm care, în secolele XVIII şi XIX protejau zonele nisipoase. Prin aplicarea în mod greşit a Legii 18/1991 s-au defrişat din nou unele perdele de protecţie şi plantaţii de salcâm iar furtunile de nisip fac ravagii (fig. 9.1).

Fig. 9.2 Cultură acoperită de nisip

Eroziunea eoliană este foarte dăunătoare deoarece poate determina înnisiparea localităţilor, căilor de comunicaţii, canalelor de irigaţie etc. Pe suprafeţele cultivate, eroziunea eoliană poate determina descoperirea semînţelor, dezrădăcinarea plantelor tinere şi acoperirea cu nisip a altora (fig. 9.2) iar particulele de nisip purtate de vânt lezează părţile aeriene ale plantelor. Pagube mari se produc atunci când plantele se găsesc în faze incipiente de dezvoltare, cu rădăcini superficiale şi ţesuturi fragede. Cele mai sensibile sunt lucerna, sulfina, trifoiul, măzărichea, pepenele, dovleacul, castravetele, orzul, ovăzul şi porumbul. Mai puţin sensibile sunt secara şi cartoful.

Chepil W. S., citat de *Obrejanu G.* şi colab. (1972), distinge câteva etape în desfăşurarea procesului de eroziune eoliană: afânarea, mişcarea propriu-zisă, transportul, sortarea şi depunerea.

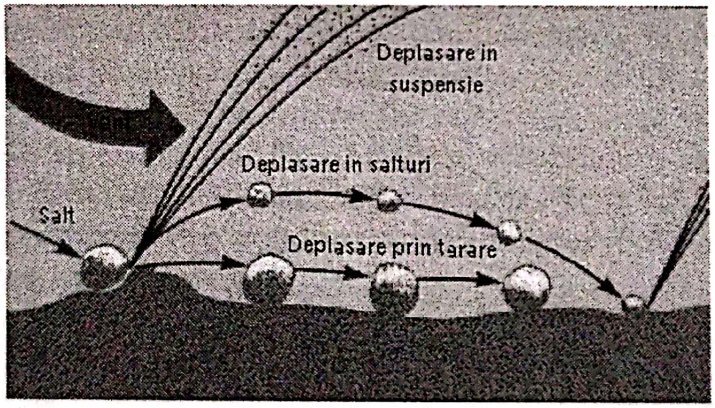


Fig. 9.3 Mişcarea particulelor de praf şi nisip

Afânarea se produce atunci când stratul superficial al solului s-a uscat, datorită evaporaţiei. Alternanţa îngheţului şi dezgheţului contribuie, de asemenea, la afânarea nisipului. Cea mai mare importanţă prezintă însă lucrările agrotehnice (aratul, grăpatul ş.a.) care pot favoriza intensificarea procesului de eroziune dacă se efectuează la timp nepotrivit. Când în apropierea unor particule de nisip se creează o microdepresiune, vântul imprimă acestor particule o mişcare de rotaţie şi de deplasare. Sunt puse în mişcare mai întâi particulele de nisip cu diametrul de

Scanned with OKEN Scanner

0,05 - 0,5 mm, transportul făcându-se suspendat sau în salturi. Particulele mai mari sunt deplasate prin târâre la suprafața solului (fig. 9.3).

Pe măsură ce viteza vântului scade, se produce sortarea și depunerea în ordine descrescândă a dimensiunii particulelor.

Pentru evaluarea cantității de sol erodat, *Chepil* și *Woodruff*, citați de *Obrejanu G.* și colab. (1972) propun următoarea relație:

$$E = A \frac{L}{(R \cdot K)^a} \qquad (9.2)$$

în care:

E - cantitatea de sol erodat (t/ha);
A, a - constante
L - conținutul de particule cu $\phi < 0{,}84$ mm (%);
K - rugozitatea suprafeței solului;
R - cantitatea de resturi vegetale existente la suprafața solului.

Rugozitatea suprafeței solului se determină prin măsurarea denivelărilor iar cantitatea de resturi vegetale prin cântărire. Decaparea unei cantități de sol de 0,5 t/ha se consideră nesemnificativă dar pierderea unor cantități de până la 12 t/ha se apreciază ca eroziune moderată și respectiv foarte puternică în cazul unor cantități de sol mai mari.

După gradul de deflație a orizontului cu humus, solurile nisipoase se pot clasifica în cinci categorii (tab. 9.6).

Tabelul 9.6

Clasificarea și notarea eroziunii datorită vântului
(după *Mihai Gh.* Și colab., 1968

Gradul de eroziune		Criterii de apreciere
notația	semnificația	
S_0	Neapreciabilă	Nu se constată eroziune eoliană aparentă dar solurile pot suferi de eroziune eoliană (în cazul solurilor nisipoase)
S_1	Slabă	S-a spulberat până la 25 % din orizontul A
S_2	Moderată	S-a spulberat 25 - 75 % din orizontul A
S_3	Puternică	S-a spulberat 75 - 100 % din orizontul A
S_4	Foarte puternică	S-a spulberat întreg orizontul A și 25 - 75 % din orizontul următor
S_5	Excesivă	S-a spulberat peste 75 % din orizontul inferior (AC sau B), ajungând chiar la roca mamă

9.3 Fixarea nisipurilor

Atenuarea fenomenului de eroziune eoliană și fixarea nisipurilor se realizează prin intensificarea proceselor de solificare, care duc la ameliorarea însușirilor fizice, chimice și biologice ale solului. Se aplică metode biologice de fixare a nisipurilor dar și metode mecanice și chimice.

Scanned with OKEN Scanner

Cele mai simple măsuri biologice se referă la înfiinţarea culturilor succesive, a culturilor intermediare de toamnă şi culturi în fâşii şi culise. Culturile succesive se însămânţează în timpul verii, după eliberarea terenului de premergătoarele care se recoltează timpuriu (mai, iunie). Prin irigare şi fertilizare se asigură răsărirea şi dezvoltarea normală a plantelor şi ele oferă o bună protecţie a nisipului împotriva spulberării de către vânt ca şi un spor oarecare de recoltă.

Culturile intermediare de toamnă se însămânţează după premergătoare care eliberează terenul la sfârşitul sezonului cald şi ele protejează nisipul împotriva deflaţiei până primăvara la pregătirea terenului pentru culturile următoare.

La cultura plantelor în fâşii şi în culise se folosesc specii cu talie înaltă (porumb, floarea soarelui ş.a.) care se însămânţează în rânduri perpendiculare pe direcţia vântului dominant iar în culise se însămânţează specii sensibile la acţiunea mecanică a nisipului spulberat de vânt.

Fig. 9.4 Perdea silvică de protecţie

Perdelele forestiere de protecţie (fig. 9.4) au dat rezultate bune şi de durată în lupta împotriva procesului de eroziune eoliană. Ele atenuează viteza vântului şi protejează nisipul împotriva deflaţiei. La înfiinţarea plantaţiilor silvice trebuie să se aleagă cele mai potrivite specii lemnoase, ţinând seama de însuşirile nisipului şi condiţiile climatice din zona respectivă şi respectând tehnica de plantare corespunzătoare.

În sudul Olteniei au dat rezultate bune următoarele specii: salcâmul (*Robinia pseudacacia*), dudul (*Morus sp.*), pinul negru (*Pinus nigra*), plopul american (*Populus sp.*), lemnul câinesc (*Ligustrum vulgare*), mălinul american (*Padus sp.*), sălcioara (*Eleagnus angustifolia*), cătina (*Hippophae rhamnoides*) iar pe nisipurile umede de pe terasele Dunării arinul (*Alnus sp.*). Salcâmul se regenerează uşor şi se produce o înrădăcinare adâncă dar formează drajoni care pot deranja culturile din proximitate. De aceea, la marginea perdelelor se plantează alte specii care nu drajonează.

Pe nisipurile din Delta Dunării au dat rezultate bune speciile de plop alb (*Populus alba*), arinul alb (*Alnus incana*), plopul euroamerican (*Populus sp.*), plopul cenuşiu (*populus sp.*), sălcioara (*Eleagnus angustifolia*), pinul negru (*Pinus nigra*), cătina albă (*Hippophae rhamnoides*) etc.

Nisipurile din sudul Moldovei au oferit condiţii bune de creştere pentru salcâm (*Robinia pseudacacia*), pinul negru (*Pinus nigra*), plopul alb (*Populus alba*), plopul negru (*Populus nigra*), plopul euroamerican (*Populus sp.*), mălinul american (*Padus sp.*) şi lemnul câinesc (*Ligustrum vulgare*).

Scanned with OKEN Scanner

Pe nisipurile din nord-vestul țării cresc bine salcâmul (*Robinia pseudacacia*), pinul silvestru (*Pinus silvestris*), pinul negru (*Pinus nigra*), arinul negru (*Alnus glutinosa*), plopul euroamerican (*Populus sp.*), mălinul (*Padus sp.*) și lemnul câinesc (*Ligustrum vulgare*) ș.a.

Perdelele de protecție pot fi formate din una sau mai multe specii. În primul caz sunt mai penetrabile și nisipul se depune în fața și în spatele lor. Se plantează perdele de protecție principale, orientate perpendicular pe direcția vântului dominant și perdele secundare, perpendicular pe cele principale. Lățimea celor dintâi este de 8 - 12 m iar distanța dintre ele de 200 - 500 m iar la cele secundare de 5- 6 m și respectiv, 1000 - 1200 m. la înființarea perdelelor de protecție se pot cultiva, în primii 2 - 3 ani, plante anuale în interiorul lor.

Reducerea vitezei vântului se diferențiază în funcție de înălțimea perdelei (*H*). Astfel, la distanța (*5 H*) viteza scade cu 55 %, la (*10 H*) cu 50 %, la (*20 H*) cu 30 % iar mai departe rămâne constantă (*Measnicov*, 1960).

Împădurirea nisipurilor mobile și semimobile lipsite de vegetație sau cu vegetație puțin consistentă a dat cele mai bune rezultate pe aceste terenuri degradate.

Metodele mecanice de fixare a nisipurilor se aplică din toamnă, după recoltarea culturilor și pregătirea terenului și constă în amenajarea paranisipurilor și mulcirea terenului. Pentru paranisipuri se folosesc materiale locale (crengi, tulpini de floarea soarelui sau porumb etc) din care se confecționează garduri, așezate perpendicular pe direcția vântului dominant, la distanțe de 8 - 10 ori mai mari decât înălțimea lor (*Savu P.* și colab. 2002). Paranisipurile pot fi impenetrabile, penetrabile sau semipenetrabile, nisipul așezându-se în fața, în spatele lor sau peste ele (fig. 9.5).

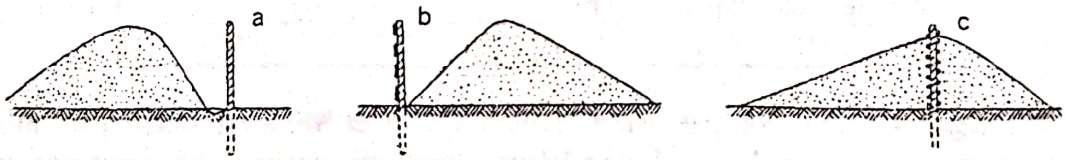
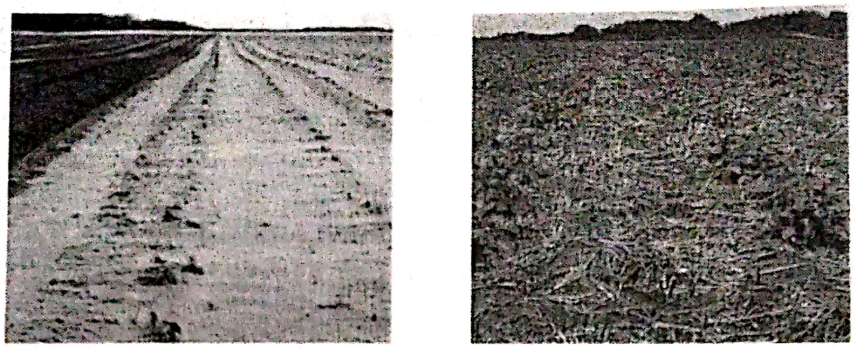


Fig. 9.5 Paranisipuri verticale (după *Dîrja M.*, 2000)
a - impenetrabile; b - penetrabile; c - semipenetrabile

Pentru mulcire, se așează la suprafața solului paie sau alte resturi vegetale (fig. 9.6 b), într-un strat gros de 5 - 6 cm, fixat cu ajutorul unor nuiele și țăruși. Tot pentru protecția nisipului se pot lăsa pe teren produsele secundare de la cultura precedentă (tulpini de porumb, floarea soarelui, sorg ș.a., până la pregătirea terenului pentru cultura următoare. Arătura fără cormană, care lasă la suprafața solului mirиștea, poate contribui, de asemenea, la fixarea nisipului.

Pentru fixarea nisipurilor pe cale chimică, se folosesc polimeri sintetici, care rezistă la acțiune distructivă a microorganismelor din sol, au proprietatea de a lega particulele de nisip (structurare), nu deranjează germinarea semințelor și creșterea plantelor, contribuie la reținerea apei etc. Polimerii care îndeplinesc asemenea condiții fac parte din grupa produșilor pe bază de acrilat de metil, rășină ureoformaldehidică etc. Cercetări efectuate în țară arată că aceste produse îmbunătățesc evident structura solului (tab. 9.7).

Scanned with OKEN Scanner



a b

Fig. 9.6 Cultură de cartof
a - expusă acțiunii vântului; b - protejată împotriva eroziunii

Tabelul 9.7

Ameliorarea unui sol nisipos prin aplicarea de produse organice şi polimeri sintetici sub o cultură de ovăz în vase de vegetație (după *Dorneanu A.*, 1976)

Tratamentul	Doza (g/kg sol uscat)	Agregate hidrostabile cu φ > 0,25 mm
Netratat		26,0
Pulbere din tulpini de porumb	10	34,0
Pulbere din tulpini de grâu	10	32,5
Dejecții solide de la bovine (pure)	10	37,8
Poliacrilamidă	1	44,5
Răşină ureoformaldehidică	1	38,5
Poliacrilat de vinil	1	40,0

Trandafirescu T. (1966), folosind preparatul Aracet SF, a constatat o stimulare a activității microbiologice din sol, îmbunătățirea structurii acestuia, reducerea rezistenței la penetrare, reducerea permeabilității şi creşterea capacității de reținere a apei. S-a dovedit economică distribuirea acestui polimer în cantități de 100 - 150 kg/ha, diluat cu apă, astfel încât să permită umezirea unui strat de sol cu grosimea de circa 1 cm. Administrarea se face mecanic, o singură dată pe an, iar combaterea buruienilor se realizează prin erbicidare, fără a se aplica praşile mecanice. În SUA, s-a folosit cu succes bentonita, o argilă foarte activă. S-au obținut rezultate bune, tot în SUA, cu ajutorul unei substanțe spumoase formată din uree şi aldehidă formică (hygromull) care reține apa în cantitate de 100 % față de greutatea ei. A dat rezultate bune produsul Romacril AGR (o poliacrilamidă) care are proprietatea de a reține apa şi de a gonfla. Se poate introduce în nisip (400 - 1000 kg/ha) împreună cu 50 - 100 kg/ha îngrăşăminte cu azot (substanță activă) şi reţin apa, înlesnind creşterea plantelor (*Onisie T.* şi colab., 1999). Cercetări efectuate în România au dovedit eficacitatea şi a altor produse superabsorbante care pot îmbunătăți gradul de valorificare a apei pe terenuri nisipoase (*Cleps Cr.* şi colab., 1989). Cu ajutorul acestor preparate s-au obținut sporuri de producție de 50 - 100 % la cartof, varză, castraveți etc (*Staicu I.*, 1969).

Scanned with OKEN Scanner

9.4 Modelarea şi netezirea nisipurilor

Prin modelare se înţelege reducerea diferenţelor de nivel între dune şi interdune, care pot ajunge la peste 10 m pe nisipurile din nord-vestul ţării. Lucrările executate cu utilaje speciale pot reduce aceste diferenţe de nivel la 6 - 7 m iar panta dunelor se micşorează de la 10 - 16 % la 4 - 5 %. Prin această lucrare se uniformizează şi nivelul hidrostatic al apei freatice care oscilează între 1 şi 3 m adâncime. După modelare se face netezirea, care diminuează sub 5 m diferenţa de nivel între dune şi interdune iar panta devine mai mică de 0,2 %. Se creează în acest fel condiţii potrivite pentru cultura plantelor şi aplicarea irigaţiei prin aspersiune. În mod obişnuit, netezirea se face cu mijloace mecanizate, folosind screpere, gredere şi buldozere. Efortul de tracţiune este relativ scăzut din cauza adeziunii şi coeziunii reduse a nisipului dar se poate produce şi deraparea tractorului. Pe suprafeţe mici, unde nu se poate lucra mecanizat, se sapă şanţuri pe coama dunelor, paralel cu direcţia vântului dominant, astfel ca nisipul răscolit să fie transportat de vânt în interdune, favorizându-se netezirea. Se mai pot aşeza saci cu nisip pe coamele dunelor, la adăpostul cărora nisipul se depune în interdune asigurându-se netezirea. Odată cu aceste lucrări de modelare şi netezire se reduce şi mai mult fertilitatea nisipului pentru că stratul dintre dune cu ceva argilă şi humus rămâne îngropat în adâncime. Cu cât stratul de nisip decopertat este mai gros, cu atât fertilitatea stratului rămas este mai scăzută dar dozele mari de îngrăşăminte pot spori recolta la grâu de 7 - 9 ori iar la porumb de 20 - 30 de ori (tab. 9.8).

Tabelul 9.8

Producţii obţinute la grâu şi porumb pe nisipuri după modelare, netezire şi fertilizare la S.E. Tâmboieşti, jud. Dolj (media 1971 - 1975) (după *Pop L.* şi colab., 1977)

Decopertare - acopertare (cm)	Îngrăşăminte			Grâu		Porumb	
	N	P	K	kg/ha	%	kg/ha	%
- 53	-	-	-	440	100	1255	100
- 226	-	-	-	262	100	194	100
- 240	-	-	-	208	100	45	100
10	48	32	-	2175	494	2964	236
- 241	48	32	-	1301	497	765	394
- 250	48	32	-	1258	605	425	944
- 65	96	32	-	1978	443	2264	180
- 102	96	32	-	1940	740	2816	145
- 250	96	32	-	1354	651	806	1791
- 17	144	64	-	2614	594	2875	229
- 230	144	64	-	1608	614	1190	613
- 245	144	64	-	1979	951	1353	3006
- 68	192	64	-	2853	648	3680	293
- 97	192	64	-	1828	697	2362	1217
- 260	192	64	-	1421	683	725	1611
- 47	192	64	40	2553	580	3553	283
- 231	192	64	40	1951	745	2987	1540
- 250	192	64	40	1615	776	972	2160

Scanned with OKEN Scanner

Dacă în apropiere există terenuri virane argiloase, se pot transporta 40 - 60 t/ha argilă, distribuind-o la suprafaţa nisipului şi prin arătură se creează la suprafaţă un strat mai bogat în argilă. Dintr-o baltă, lac sau râu din apropiere, apa încărcată cu mâl poate fi împrăştiată cu ajutorul unor pompe pe terenul nisipos, sporind în acest fel conţinutul solului în particule fine. Aceste acţiuni de ameliorare a nisipurilor sunt însă foarte scumpe.

9.5 Particularităţile culturii plantelor pe terenuri nisipoase

9.5.1 Asolamente

Plantele care se cultivă pe nisipuri trebuie să fie adaptate condiţiilor specifice de pe aceste terenuri şi, în acelaşi timp, să corespundă cerinţelor economice din zona respectivă. Pentru nisipurile şi solurile nisipoase din sudul Olteniei sunt adaptate şi dau rezultate bune secara, tutunul, bostănoasele (pepenii verzi şi pepenii furajeri), fasolița, borceagul de toamnă (secară cu măzăriche păroasă), sorgul, lupinul alb, fasole pentru păstăi iar pe solurile nisipoase ceva mai fertile (pe interdune) dau rezultate mulţumitoare şi porumbul, floarea soarelui, grâul de toamnă, lucerna, cartoful, ricinul etc. Pe nisipurile din delta Dunării se recomandă a se cultiva secara şi bostănoasele iar pe cele din Câmpia Bărăganului şi porumbul. Pe terenurile nisipoase din Câmpia Tisei, caracterizate prin condiţii climatice mai favorabile (precipitaţii mai abundente şi temperaturi mai coborâte) se cultivă cu succes secara, borceagul de toamnă, bostănoasele, cartoful, lupinul galben, floarea soarelui, tutunul şi, pe alocuri, porumbul şi grâul.

Pe terenurile nisipoase irigate, sortimentul plantelor cultivate se îmbogăţeşte substanţial. Astfel, grâul se poate cultiva pe toate suprafeţele nisipoase, cu excepţia nisipurilor mobile. Porumbul este o cultură de bază în condiţii de irigare pe nisipurile stabilizate iar pe cele cu fertilitate scăzută este recomandat sorgul hibrid. Dintre leguminoase, fasolea şi soia se pot cultiva atât în cultură principală cât şi în cultură succesivă, mai ales pe solurile cu fertilitate bună. Lupinul se poate cultiva în cultură succesivă pentru îngrăşământ verde. Arahidele, găsesc condiţii favorabile de vegetaţie pe terenurile irigate din sudul ţării. Floarea soarelui este indicat să se cultive numai pe solurile nisipoase mai fertile iar rapiţa şi ricinul pe suprafeţe mai mici. Cartoful irigat asigură tuberculi din a doua jumătate a lunii mai şi după recoltare se poate înfiinţa o cultură succesivă. Pe nisipurile irigate cu fertilitate bună şi foarte bună dă rezultate şi sfecla pentru zahăr. Se obţin recolte bune la culturile furajere (lucernă, sfeclă şi porumb furajer în cultură succesivă). În lunile de vară, lucerna consumă zilnic, în medie, 60 - 70 m^3/ha apă (*Popescu Ch.* şi colab., 1999) dar rădăcinile profunde îi permit să se aprovizioneze şi din straturile adânci. După o perioadă de 3 - 4 ani, lucerna lasă în sol, până la 50 cm adâncime, o masă de rădăcini de 8 - 10 t/ha care, prin descompunere sporeşte conţinutul în humus al solului, contribuind şi la îmbunătăţirea structurii (tab. 9.9). Lucerna este valoroasă şi pentru că protejează bine solul împotriva eroziunii eoliene pe tot parcursul anului (fig. 9.7).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9.9

Cantitatea de materie organică şi azot rămasă în sol pe adâncimea de 0 - 50 cm după grâu şi lucernă pe un teren nisipos în sudul Olteniei (1979 - 1981) (după *Gheorghe D.*, 1983)

Cultura	Îngrăşăminte (kg/ha)			Materie organică			Azot rădăcini	
	N	P_2O_5	K_2O	kg/ha	%	diferenţa	%	kg/ha
Grâu	0	0	0	1090	100	-	0,89	9,7
	80	50	50	1889	173	799	0,58	10,9
	160	100	100	2630	241	1540	0,73	19,1
Lucernă	0	0	0	5648	100	4558	2,44	140,1
	80	50	50	7371	130	6281	2,29	167,4
	160	100	100	8649	153	7559	2,28	200,5
Lucernă (75 %) + golomăţ (25 %)	0	0	0	6725	100	5635	1,72	115,9
	120	50	50	8953	133	7863	1,71	152,3
	240	100	100	10241	152	9151	1,66	270,1

Alcătuirea şi introducerea unor asolamente potrivite pe terenurile nisipoase se realizează mai greu, din cauza numărului relativ redus de plante adaptate la aceste condiţii de vegetaţie şi necesităţii intercalării culturilor pentru îngrăşăminte verzi. Pentru a împiedica spulberarea nisipului, asolamentul trebuie să îndeplinească următoarele condiţii (*Pintilie C.* şi colab., 1980):

✓ prezenţa unor sole de formă dreptunghiulară, amplasate cu latura lungă pe direcţia vântului dominant;

✓ alternarea plantelor în cadrul asolamentului, astfel încât în perioada de spulberarea intensă a nisipului terenul să fie acoperit cu vegetaţie;

✓ prezenţa culturilor succesive, mai ales în condiţii de irigare, asigură acoperirea terenului o perioadă mai mare de timp;

✓ folosirea culturilor ascunse în condiţii de irigare, care după recoltarea plantelor principale asigură în continuare protejarea solului;

✓ prezenţa culturilor intermediare de toamnă, care realizează acoperirea terenului în perioada de toamnă - primăvară, până la semănatul culturilor de primăvară. Culturile intermediare pot fi secara masă verde, borceagul de toamnă, rapiţa, măzărichea de toamnă, mazărea furajeră de toamnă. După recoltarea acestor plante pentru furaj, primăvara devreme se seamănă porumb, soia, pepeni verzi sau se plantează tutun;

✓ utilizarea culturilor în fâşii sau în culoare, alternând fâşii de plante cu perioade de vegetaţie şi grad de acoperire a terenului diferite.

Urmărindu-se comportarea unor culturi în rotaţii de 4, 6 şi 8 ani, se constată că cele mai bune rezultate pe terenurile nisipoase din Oltenia s-au obţinut în cadrul asolamentelor de 4 şi 6 ani, deoarece valorifică economic îngrăşămintele. La alegerea culturilor potrivite este bine să se ţină seama că leguminoasele (şi în special lupinul) cultivate pentru îngrăşământ verde, sunt premergătoare bune pentru diferite specii de plante (tab. 9.10). Rotaţia la porumb şi grâu o perioadă de 2 - 4 ani a sporit recolta cu 26 % şi respectiv, 17 % faţă de monocultură (tab. 9.11). Unele culturi intermediare au dat producţii de peste 12 t/ha masă verde, fără a reduce prea mult recolta la porumb (tab. 9.12).

Scanned with OKEN Scanner

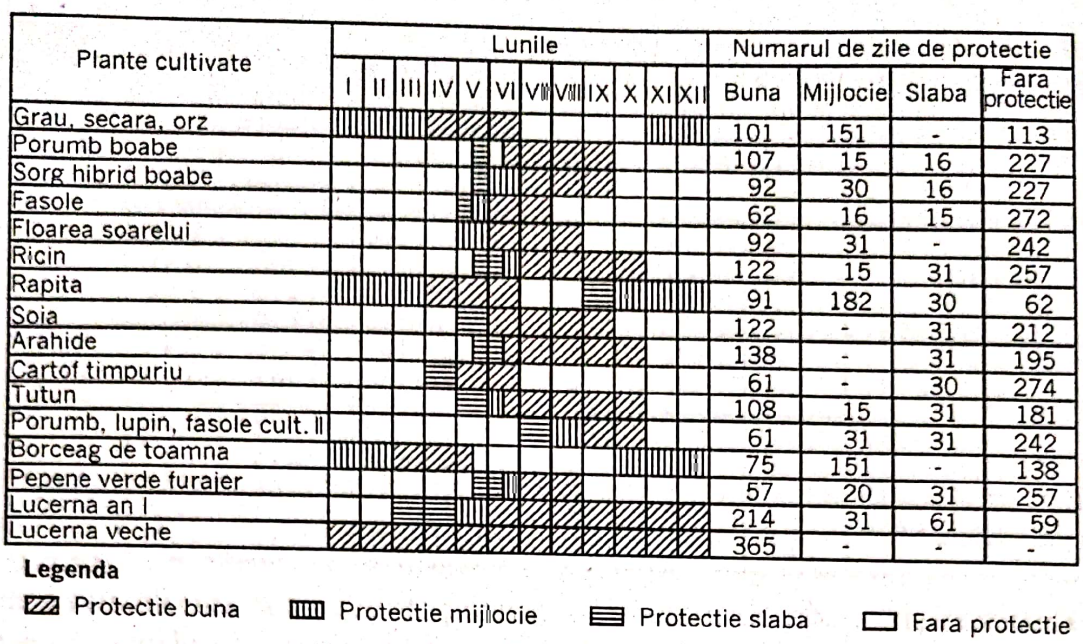


Fig. 9.7 Durata de protecție a solului împotriva eroziunii eoliene oferită de unele plante cultivate (după *Pop I.* și colab., 1977)

Tabelul 9.10

Producții obținute la câteva culturi după diferite premergătoare pe un sol nisipos la Tâmboiești, jud. Dolj (1959 - 1963) (după *Matei I.*, citat de *Mihai Gh.*, 1968)

Cultura premergătoare	Specia cultivată											
	Secară		Lupin*		Porumb		Fasoliță		Pepeni verzi		Pepeni furajeri	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Secară	1016	100	6535	74	899	146	397	130	5600	160	29544	122
Lupin*	1470	145	8865	100	880	143	289	95	7349	211	35362	146
Porumb	1204	118	8530	96	617	100	323	106	5848	168	35322	146
Fasoliță	1301	128	7720	87	724	117	305	100	5523	158	31002	128
Pepeni verzi	1261	124	7297	82	672	109	355	116	3488	100	23740	98
Pepeni furajeri	1240	122	7698	87	743	120	411	135	4466	128	24260	100

* - pentru îngrășământ verde

Tabelul 9.11

Influența rotației asupra producției la grâu și porumb pe nisipurile irigate din sudul Olteniei (1976 - 1979) (după *Stratula V.* și colab., 1980)

Rotația	Grâu			Porumb		
	premer-gătoare	kg/ha	%	premer-gătoare	kg/ha	%
Monocultură	grâu	1880	100	porumb	4902	100
Grâu - porumb	porumb	2208	117	grâu	6192	126
Soia - grâu - porumb	soia	2565	136	grâu	6445	131
Soia - porumb - grâu - porumb	porumb	2426	129	soia	6739	137

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9.12

Producția de masă verde la câteva culturi intermediare de toamnă și de boabe la porumb neirigat (S.E. Tâmboiești, 1966 - 1971) (după *Pop I.* și colab., 1977)

Cultura intermediară			Porumb boabe	
specia		t/ha	q/ha	%
Martor		-	36,9	100
Secară	masă verde	12,1	38,6	105
	îngrășământ verde	12,1	36,4	99
Drobușor	masă verde	8,8	34,1	92
	îngrășământ verde	9,5	37,9	103
Rapiță masă verde		6,8	30,4	82
Borceag masă verde		12,5	36,6	99

9.5.2 Fertilizarea solurilor nisipoase

Nisipurile au un conținut foarte redus în azot, fosfor, potasiu și alte elemente nutritive (tab. 9.4) și de aceea, îngrășămintele și irigarea reprezintă principalele mijloace de îmbunătățire a însușirilor fizice, chimice și biologice ale solurilor nisipoase. Pentru a mări fertilitatea lor trebuie să se aplice gunoi de grajd, turbă, compost sau îngrășăminte verzi și minerale. S-au obținut rezultate bune la îngroparea în trei straturi a gunoiului de grajd. În primul an, gunoiul (20 - 60 t/ha) se îngroapă la adâncimea de 60 - 65 cm, după 2 - 3 ani se îngroapă aceiași cantitate la 40 - 45 cm adâncime iar după alți 2 - 3 ani la 20 - 30 cm (fig. 9.8). Această metodă de aplicare a gunoiului de grajd pe terenurile nisipoase a dat rezultate bune în Oltenia, Delta Dunării, pe nisipurile din dreapta Călmățuiului etc. Eficiența fertilizării crește dacă se folosește gunoi de grajd fermentat, împreună cu îngrășăminte minerale. La Brateș, jud. Covasna, acest mod de fertilizare a avut ca efect dublarea recoltei la secară și cartof (tab. 9.13). Efectul favorabil al gunoiului de grajd s-a menținut un timp mai îndelungat în cazul îngropării adânci și aceasta se datorează faptului că acesta reține mai bine apa și mineralizarea substanțelor nutritive se face în mod treptat, încât rădăcinile plantelor se dezvoltă mai bine în profunzime. Îngrășămintele în general, și cele organice în special, determină indirect și atenuarea mobilității nisipurilor, prin asigurarea unor condiții mai bune de dezvoltare a părților aeriene și subterane a plantelor și obținerea unor sporuri evidente de recoltă. La cartoful cultivat la Valea lui Mihai, producția a crescut cu 67 % la fertilizarea cu gunoi și s-a dublat la adăugarea îngrășămintelor chimice (tab. 9.14).

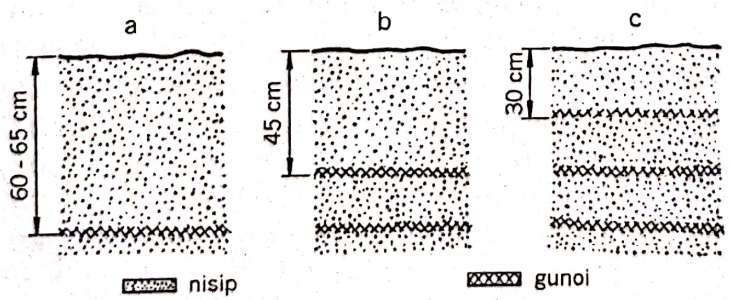


Fig. 9.8 Îngroparea adâncă a gunoiului de grajd
a - un singur strat; b - două straturi; c - trei straturi

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 9.13

Influența îngrășămintelor minerale și a gunoiului de grajd asupra producției la secară și cartof pe nisipurile de la Brateș, jud. Covasna (după *Pintilie C.* și colab., 1980)

N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Gunoi de grajd		Producția			
					Secară		Cartof	
			t/ha	cm	q/ha	%	q/ha	%
Martor nefertilizat					10,1	100	8,3	100
60	40	40	-	-	13,8	136	11,7	141
60	40	40	20	20	17,7	175	11,9	144
60	40	40	20	30	19,4	192	14,3	170
60	40	40	20	45	19,2	192	15,4	186
60	40	40	60	45	18,6	184	18,6	225

Tabelul 9.14

Eficiența îngrășămintelor organice și minerale asupra producției de cartof pe teren nisipos la Valea lui Mihai, jud. Bihor (după *Pintilie C.* și colab., 1980)

Tratamentul	Producția (q/ha)	Diferența	
		q/ha	%
Nefertilizat	89,4	-	100
20 t/ha gunoi de grajd	115,3	25,9	129
40 t/ha gunoi de grajd	137,5	45,1	150
60 t/ha gunoi de grajd	150,0	60,6	167
20 t/ha gunoi de grajd + $N_{64}P_{64}K_{40}$	173,6	84,2	194
20 t/ha gunoi de grajd + $N_{128}P_{64}K_{40}$	192,2	102,2	215
40 t/ha gunoi de grajd + $N_{64}P_{64}K_{40}$	193,5	104,1	216
40 t/ha gunoi de grajd + $N_{128}P_{64}K_{40}$	208,1	118,7	232

În locul gunoiului de grajd se poate întrebuința cu succes compostul sau, în Delta Dunării, plaurul.

Pe nisipurile din stânga Jiului, nămolul și compostul au sporit recolta la diferite culturi dar în special la porumb, ovăz, sfeclă furajeră și floarea soarelui (tab. 9.15). Doza de 10 t/ha compost a dat aproximativ aceleași sporuri de recoltă ca și cea de 30 t/ha nămol, fapt care dovedește avantajul folosirii nămolului sub formă de compost. Efectul favorabil al compostului s-a resimțit 2 - 3 ani. Urmărindu-se calitatea recoltei, s-a constatat că, în special, compostul asociat cu îngrășăminte chimice în doză echilibrată, a sporit conținutul în glucide și azot amoniacal a tulpinilor și frunzelor de porumb siloz iar în boabele de grâu și porumb s-a acumulat ceva mai multe substanțe proteice. (*Popescu Ch.* și colab., 2002). Rezultate foarte bune s-au obținut la folosirea turbei ca îngrășământ. S-au dovedit potrivite dozele de 60 - 80 t/ha turbă sau amestec de turbă și gunoi de grajd (*Popescu C.* și colab., 1983).

Îngrășămintele verzi dau rezultate bune, ca și gunoiul de grajd. Pe nisipurile cu reacție acidă (pH = 6,8) se pot cultiva pentru îngrășământ verde diferite specii de lupin: albastru (*Lupinus angustifolius*), galben (*Lupinus luteus*), alb (*Lupinus*

Scanned with OKEN Scanner

albus). Pe solurile cu reacție alcalină cresc bine trifoiul încarnat (*Trifolium incarnatum*), măzărichea păroasă (*Vicia villosa*), sulfina albă (*Melilotus albus*), coroniștea (*Coronilla varia*), fasolița (*Vigna sinensis*), floarea soarelui (*Helyanthus annuus*) etc. Dau rezultate bune în special leguminoasele. Fasolița folosită ca îngrășământ verde a sporit recolta la grâu și porumb cu 45 % și respectiv, 81 % la Dăbuleni - Dolj (tab. 9.16).

Tabelul 9.15

Influența nămolului de la crescătoriile de porci și a compostului asupra producției câtorva culturi (q/ha) (după *Ionescu Siseşti Vl.* și colab., 1980)

Cultura	Neîngrășat	$N_{100}P_{70}$	Nămol (30 t/ha)	Nămol (30 t/ha) + $N_{70}P_{30}$	Compost (10 t/ha)
Porumb	30,0	40,3	47,1	49,4	46,3
Orz de toamnă	36,2	51,2	40,9	63,1	44,9
Ovăz	24,6	37,6	38,5	39,8	35,4
Floarea soarelui	15,0	21,9	23,6	24,8	21,8
Sfeclă de zahăr	234,0	318,0	320,0	349,0	302,0
Sfeclă furajeră	401,0	646,0	631,0	712,0	671,0
Lucernă s. u.	36,0	65,0	48,0	59,0	39,0
Diferențe față de neîngrășat (%)	100	151,9	147,9	167,0	149,4

Tabelul 9.16

Influența îngrășămintelor verzi asupra compoziției chimice a solului și a producției de porumb și grâu la Dăbuleni, jud. Dolj (după *Petre I.*, 1988)

Planta folosită ca îngrășământ verde	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Porumb		Grâu	
				q/ha	%	q/ha	%
Rapiță furajeră	0,0438	54,3	104,5	55,40	139	26,35	121
Mazpre furajeră	0,0480	53,6	186,0	61,59	155	30,25	139
Secară	0,0425	33,8	95,6	50,96	128	24,30	112
Borceag de toamnă	0,0492	52,5	206,0	65,56	165	27,15	125
Lupin alb	0,0375	37,2	197,0	67,97	171	23,55	108
Raigrs aristat	0,0358	54,5	193,0	59,33	140	26,25	120
Fasoliță	0,0454	36,0	145,0	72,06	181	31,50	145
Martor nefertilizat	0,0333	25,5	117,0	39,62	100	31,70	100

Culturile pentru îngrășământ verde se pot însămânța sub formă de cultură succesivă (în miriște) și rămân peste iarnă în teren pentru a reține zăpada, îngropându-se sub brazdă primăvara, odată cu arătura. Pe nisipurile din Oltenia au dat rezultate bune culturile succesive de lupin alb, fasoliță, mazăre și soia. După un an de la încorporarea în sol a lupinului s-au îmbunătățit însușirile hidrofizice ale solului, sporind capacitatea pentru apă în câmp cu 2,43 % și capacitatea totală pentru apă cu 2,79 %.

Scanned with OKEN Scanner

Dintre îngrăşămintele minerale sunt necesare, în special, cele cu azot, căci fixarea azotului din atmosferă se face în mică măsură şi apele spală în adâncime compuşii cu azot. Îngrăşămintele cu fosfor şi potasiu aplicate fără cele azotoase nu sporesc recolta (tab. 9. 17). În Oltenia, îngrăşămintele cu azot (96 kg/ha N) au sporit recolta la porumb cu 1033 - 1595 kg/ha iar pe nisipurile din dreapta Călmăţuiului, sporul de recoltă a fost de 504 - 910 kg/ha. Pe teren irigat, la Malu Mare - Dolj, sporul de recoltă la cartof a fost de 3720 kg/ha (*Popescu Ch.* şi colab., 1999).

Tabelul 9.17

Influenţa îngrăşămintelor chimice cu azot, fosfor şi potasiu asupra producţiei de grâu pe solurile nisipoase ameliorate din sudul Olteniei (1977 - 1979)
(după *Dorneanu A.*, citat de *Onisie T.* şi colab., 1999)

Doza de azot (kg/ha)	Producţia		Doza de fosfor (kg/ha)	Producţia		Doza de potasiu (kg/ha)	Producţia	
	kg/ha	%		kg/ha	%		kg/ha	%
N_{50}	2840	100	P_0	2970	100	K_0	2930	100
N_{100}	3210	113	P_{50}	2960	100	K_{50}	2970	101
N_{150}	3500	123	P_{100}	3030	102	K_{100}	3070	105
N_{200}	3600	127	-	-	-	-	-	-

Tabelul 9.18

Influenţa epocii de aplicare a îngrăşămintelor cu azot la grâu pe solurile nisipoase
(după *Gheorghe D.* şi colab., 1996)

Doza şi epoca de aplicare a azotului			Producţia	
toamna	primăvara	la înspicare	kg/ha	%
Nefertilizat cu azot			1270	100
150	-	-	2460	194
-	150	-	2800	220
75	75	-	3390	267
50	100	-	3430	270
50	50	50	3590	283

Este recomandabil ca îngrăşămintele cu azot să se aplice fracţionat , 1/2 sau 1/3 din doză înainte de semănat iar restul în timpul vegetaţiei, eventual odată cu apa de irigare (tab. 9.18). Dau rezultate bune îngrăşămintele foliare, care reduc procesul de poluare a solului şi apei, precum şi îngrăşămintele cu azot pe suport de lignit L - 200 şi L - 300. Aceste îngrăşăminte, aplicate la D.C.C.C.P.N. Dăbuleni - Dolj într-o experienţă cu grâu, au dublat producţia iar la S.C.P.T. Tg. Jiu, apa amoniacală a sporit recolta la cartof cu 15 % faţă de îngrăşămintele obişnuite (tab. 9.19). Şi îngrăşămintele solide cu azot, fosfor şi potasiu aplicate odată cu irigarea, au sporit recolta la Dăbuleni - Dolj cu 225 % la porumb, 123 % la floarea soarelui şi 50 % la soia (tab. 9.20). Aplicarea îngrăşămintelor minerale în doze mari poate spori aciditatea solului şi de aceea, este recomandabil să se aplice împreună cu cele organice. Folosirea îngrăşămintelor minerale împreună cu gunoiul de grajd au îmbunătăţit şi calitatea recoltei la secară (tab. 9.21). Pe terenuri irigate, dozele de îngrăşăminte trebuie să fie mai mari. Unele terenuri nisipoase au un conţinut scăzut în bor, cobalt, cupru şi alte microelemente şi printr-o fertilizare complexă se pot obţine recolte superioare cantitativ şi calitativ. Pe nisipurile cu

Scanned with OKEN Scanner

reacție slab acidă (pH = 5,8 - 6,8) sau acidă (pH = 5,0 - 5,8) se aplică amendamente, dar în doze mai mici decât pe solurile argiloase.

Tabelul 9.19

Influența îngrășămintelor pe substrat de lignit asupra producției de grâu la Dăbuleni - Dolj și de cartof la Târgu Jiu (după *Dorneanu Emilia* și colab., 2001)

Tipuri de îngrășăminte	Grâu (1995-1997)		Cartof (1995-1999)	
	kg/ha	%	t/ha	%
Martor nefertilizat	1683	100,0	13,5	100,0
Azotat de amoniu, uree, superfosfat, sare potasică	2902	172,4	20,7	153,3
L - 200, superfosfat, sare potasică	3388	210,3	23,9	177,0
L - 300, superfosfat, sare potasică	3556	211,3	23,8	176,3

Tabelul 9.20

Efectul îngrășămintelor solide și a apei amoniacale aplicată odată cu apa de irigare unor culturi pe sol nisipos la Dăbuleni - Dolj (1980 - 1982) (după *Dorneanu A.* și colab., 1985)

Cultura	Doza de îngrășăminte s. a.				Producția		kg boabe / kg îngrășământ
	în stare solidă			cu apa de udare	kg/ha	%	
	N	P_2O_5	K_2O	NH_3			
Porumb	Nefertilizat				1881	100	-
	200	100	100	-	5700	303	14,2
	100	100	100	100	6300	325	15,7
Floarea soarelui	Nefertilizat				698	100	-
	120	100	100	-	1500	215	4,6
	70	100	100	50	1600	223	5,0
Soia	Nefertilizat				1467	100	-
	100	100	50	-	2200	150	8,8
	50	100	50	50	2200	150	8,8

Pe plan mondial se folosesc diferite produse care îmbunătățesc gradul de valorificare a apei pe solurile nisipoase. Unele dintre acestea pot absorbi apa, mărindu-și până la de 30 de ori volumul inițial. La noi în țară s-au realizat și testat produsele Romacril AGR și Polifin, care sunt poliacrilamide reticulate, cu proprietatea de a absorbi apă și a se gonfla. Aceste produse reține bine apa provenită din precipitații sau irigații, reducându-se levigarea azotului din straturile superficiale ale solului. Cercetări efectuate la Băneasa - Giurgiu și în alte localități, pe soluri cu circa 90 % nisip și 0,4 - 0,8 % humus, au arătat că preparatele Polifin și Romacril AGR au determinat acumularea în stratul superficial (0 - 20 cm) cu 1,0 - 6,8 ppm mai mult NO_3 decât pe terenul netratat. Experiențe organizate la Tâmboiești - Dolj, folosind 4 doze de Romacril AGR aplicate la culturile de porumb și arahide, au înregistrat sporuri de recoltă de 911 - 1536 kg/ha și respectiv, 187 - 754 kg/ha (tab. 9.22). Produsul a fost distribuit la suprafața solului și

Scanned with OKEN Scanner

încorporat la 15 - 18 cm adâncime folosind grapa cu discuri. Pe terenul tratat cu Romacril AGR, consumul total de apă a fost cu 515 m^3/ha mai mic la porumb şi cu 222 m^3/ha la arahide.

Tabelul 9.21

Influenţa îngrăşămintelor minerale şi organice asupra compoziţiei chimice a recoltei unor plante cultivate pe nisipurile amenajate din Oltenia (1985 - 1987) (după *Staicu Adela* şi *Mitrea I.*, 1980)

Îngrăşăminte (kg/ha)		Nefertilizat organic					20 t/ha gunoi de grajd				
		N_t	Proteină brută		P	K	N_t	Proteină brută		P	K
N	P_2O_5	(%)	%	kg/ha	(%)	(%)	(%)	%	kg/ha	(%)	(%)
Boabe de secară											
0	50	1,79	11,19	184	0,383	0,55	2,03	12,69	243	0,362	0,55
50	50	1,71	10,68	215	0,387	0,67	2,03	12,69	281	0,361	0,61
100	50	1,99	12,44	297	0,338	0,78	2,16	13,50	291	0,338	0,69
150	50	2,05	12,81	280	0,325	0,59	2,56	16,00	311	0,318	0,60
200	50	2,13	13,31	242	0,389	0,66	2,35	14,69	274	0,356	0,60
Media	-	1,93	12,08	244	0,364	0,66	2,27	13,91	280	0,347	0,61
Boabe de fasoliţă											
0	50	4,15	25,94	373	0,660	1,86	4,01	25,04	359	0,504	1,72
30	50	4,16	26,00	441	0,541	1,69	4,11	25,69	445	0,514	1,73
60	50	4,17	26,06	427	0,506	1,69	3,89	24,31	404	0,488	1,73
90	50	4,16	26,00	399	0,488	1,66	4,07	25,44	415	0,704	1,72
120	50	4,06	25,38	391	0,598	1,74	4,05	25,31	402	0,704	1,73
Media	-	4,14	25,88	406	0,559	1,73	4,03	25,16	405	0,583	1,73

Tabelul 9.22

Producţii obţinute la porumb şi arahide pe teren tratat cu Romacril AGR la Tîmbureşti - Dolj (1984 - 1985) (după *Klepş Cr.* şi colab., 1989)

Romacril (kg/ha)	Producţia (kg/ha)		Spor recoltă (kg/ha)	
	Porumb	Arahide	Porumb	Arahide
0	7250	2719	-	-
200	8161	2906	911	187
500	8482	2953	1232	234
1000	8536	2875	1286	156
1500	8786	3453	1536	754

S-a mai încercat introducerea în sol, la 50 - 60 cm adâncime, a unei pelicule de asfalt, care formează un strat impermeabil şi opreşte infiltrarea apei, creându-se condiţii mai bune pentru creşterea plantelor. Pe suprafaţa de un hectar se folosesc circa 3,5 vagoane de asfalt, efectul favorabil resimţindu-se 14 - 15 ani.

Rezultate bune s-au înregistrat şi în cazul folosirii bentonitei, în cantitate de 6 - 12 t/ha, amplasată la adâncimea de 50 cm.

Scanned with OKEN Scanner

9.5.3 Lucrările solului şi însămânţarea

Modul de efectuare a lucrărilor solului pe terenurile nisipoase depinde de planta premergătoare, condiţiile climatice, conţinutul nisipului în argilă şi humus etc. Intervalul de umiditate a solului potrivit pentru executarea diferitelor lucrări este foarte mare, de la 30 % la 85 % din capacitatea pentru apă în câmp a solului (*Budoi Gh.* şi colab., 1996). Pentru încorporarea îngrăşămintelor organice este necesar să se efectueze arături foarte adânci, până la 30 - 60 cm, realizându-se prin aceasta îmbunătăţirea însuşirilor fizice şi chimice ale solului. În ceilalţi ani, se face o afânare superficială a solului, pentru a-l feri de acţiunea dăunătoare a vântului. După plantele care se recoltează devreme, terenul se lucrează superficial iar arătura, la adâncimea de 18 - 20 cm, se execută cu 3 - 4 săptămâni înainte de semănat şi se menţine liberă de buruieni prin grăpare, până la însămânţare. Rezultate bune se obţin, în unele cazuri, când se lucrează solul numai cu polidiscul, întrucât se evită spulberarea nisipului. La S. E. Tîmbureşti, arătura adâncă, până la 40 cm, a sporit puţin recolta la porumb şi secară (tab. 9.23). După culturile care părăsesc terenul târziu, cum sunt pepenii, cartoful ş. a. se face o arătură adâncă sau se lucrează terenul cu polidiscul sau cultivatorul şi se grăpează. Experienţe executate pe nisipurile din stânga Jiului, au înregistrat sporuri de recoltă la porumb de 591 - 784 kg/ha în favoarea arăturii faţă de lucrările solului fără întoarcerea brazdei (*Pop L.* şi colab., 1977).

Tabelul 9.23

Influenţa adâncimii arăturii la secara şi porumbul neirigate
(S. E. Tîmbureşti 1961 - 1963) (după *Pop L.* şi colab., 1977)

Adâncimea arăturii (cm)	Secară după porumb		Secară după secară		Porumb după secară	
	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%
20	19,9	100	15,6	100	21,5	100
30	20,3	102	13,2	97	22,6	105
40	21,0	106	16,2	104	24,0	112

Pentru culturile de primăvară, arătura de toamnă trebuie executată cât mai târziu sau se ară primăvara cât mai devreme, la adâncimea de 20 - 22 cm şi se grăpează imediat. La plantarea pomilor fructiferi sau altor specii lemnoase, pe terenuri plane sau cu panta de până la 10 %, se afânează solul pe întreaga suprafaţă, până la 50 - 60 cm adâncime. Pe terenuri cu pante mai pronunţate, terenul se pregăteşte în benzi orientate pe direcţia generală a curbelor de nivel iar plantarea se face la adăpostul plantelor cu talie înaltă sau a paranisipurilor. Pe teren plan sau cu panta mică, arătura se execută perpendicular faţă de direcţia vântului dominant, pentru a reduce deflaţia.

Pe terenurile nisipoase cu diferenţe de nivel între dune şi interdune se efectuează lucrări de netezire, pentru se putea distribui cât mai uniform îngrăşămintele şi apa de irigaţie. Netezirea acestor terenuri contribuie la

Scanned with OKEN Scanner

modificarea unor însuşiri fizico-chimice, cu influenţă asupra producţiei. Astfel, conţinutul de argilă, capacitatea pentru apă în câmp şi densitatea aparentă sunt mai mari în zonele unde s-a realizat umplutură de pământ.

Obrejanu G. şi colab. (1972), arată că în primul an după netezire, la S. E. Bechet, s-au obţinut 4420 kg/ha porumb pe solul de umplutură şi 2060 kg/ha pe solul decapat. În anii următori, aceste diferenţe dispar, mai ales dacă se aplică fertilizarea şi irigarea. Lucrările de netezire prezintă importanţă căci se ajunge să se obţină producţii aproape duble pe terenurile nivelate (8360 kg/ha) faţă de cele neamenajate (4710 kg/ha).

Însămânţarea culturilor trebuie să se facă la epoca optimă, atât toamna cât şi primăvara. Solurile nisipoase se răcesc toamna mai repede decât cele lutoase şi culturile semănate târziu nu mai răsar. În general, însămânţarea se face mai adânc decât pe solurile obişnuite, pentru ca seminţele să vină în contact cu nisipul umed. Este bine ca rândurile să fie orientate perpendicular faţă de direcţia vântului dominant iar densitatea culturii mai redusă, datorită fertilităţii scăzute a nisipului. După semănat, este bine să se aplice o udare de răsărire pentru a crea condiţiile realizării unei culturi cu densitate normală.

Pentru realizarea unei protecţii temporare împotriva eroziunii, se obişnuieşte să se însămânţeze, în unele zone, culturi de protecţie cum ar fi orzul de toamnă, muştarul etc. Culturile dese protejează solul în acele perioade ale anului când nu este acoperit de cultura principală. La însămânţarea culturii de bază se distruge planta de protecţie, prin lucrările solului sau cu ajutorul erbicidelor.

9.5.4 Îngrijirea culturilor şi irigarea

Pe terenurile nisipoase trebuie combătute energic buruienele căci apar în număr mare datorită seminţelor care îşi păstrează bine germinaţia în nisip. Nu se recomandă grăpatul sau folosirea sapei rotative întrucât nisipul nu formează crustă, buruienele urmând a fi combătute prin măsuri agrotehnice şi chimice. Erbicidele trebuie aplicate în doze minime recomandate căci terenurile nisipoase nu le reţin. Efectul erbicidelor se resimte o perioadă mai scurtă de timp deoarece sunt levigate în adâncime, odată cu apa de irigaţie sau din precipitaţii. Atrazinul aplicat la mijlocul lunii octombrie pe un sol nisipos la S. E. Tâmbureşti a ajuns, după 6 luni, la 80 cm adâncime iar pe teren argilos, la S. E. Şimnic, numai la 20 cm adâncime (*Pop L.* şi colab., 1977). Tot din această cauză, remanenţa erbicidelor pe solurile nisipoase este mai redusă decât în cazul celor argiloase.

Irigarea este necesară pe solurile nisipoase nu doar pentru asigurarea umidităţii favorabile creşterii şi rodirii plantelor ci şi pentru reducerea eroziunii eoliene, nisipul umed rezistând mai bine la acţiunea vântului (*Bucur D.*, *Horn R.*, 2001). În România, irigarea se aplică pe nisipurile din sud-estul ţării şi numai cele din nord-vest şi Depresiunea Bârsei se pot cultiva în condiţii de neirigare. În sudul Olteniei, în zilele de vară cu temperaturi medii de 24 - 25 °C şi umiditate relativă a aerului de circa 60 %, consumul de apă prin evapotranspiraţie înregistrează valori de 70 - 80 m^3/ha·zi (*Grumeza N.*, 1989) şi plantele neirigate se usucă în mare parte.

Scanned with OKEN Scanner

În țara noastră, irigația se face preponderent prin aspersiune și de aceea, la aplicarea udărilor trebuie să se țină seama de permeabilitatea mare a nisipului, viteza vântului dominant, gradul de nivelare a terenului etc. Dacă apa freatică nu este situată la adâncime prea mare se poate utiliza pentru irigare. Cercetări întreprinse la punctul experimental Malu Mare din sudul Olteniei și la S. E. Bechet, jud. Dolj, au arătat că norma de udare trebuie să fie mică, de 200 - 500 m^3/ha. Udările trebuie să se aplice la intervale de 5 - 8 zile în perioadele caniculare din timpul verii, fiind necesar un număr mare de instalații de irigație. Consumul total de apă, acoperit din precipitații și irigație, a oscilat între 3000 și 4460 m^3/ha la porumb (*Pricop Gh.* Și colab., 1967). Adâncimea de udare nu trebuie să depășească 50 - 60 cm iar plafonul minim să fie menținut la 50 - 70 % IUA. Întreruperea udărilor o perioadă de 20 zile a redus recolta la cartof cu 27 - 30 % (tab. 9.24). Sporul de recoltă obținut prin irigare și fertilizare a ajuns la 249 % la grâu, 617 % la porumb etc. Aplicarea udărilor la plafonul minim de 70 % IUA, pe nisipurile din sudul Olteniei, au adus importante sporuri de recoltă la porumb, soia și floarea soarelui (tab. 9.25). Aplicarea normelor mari de udare sau pierderile de apă sunt periculoase întrucât determină levigarea îngrășămintelor și pesticidelor, poluând apa freatică. Pentru terenurile nisipoase sunt potrivite tehnicile de irigație localizată, prin picurare (fig. 9.9) sau rampe perforate, deoarece consumul de apă este redus și eficiența valorificării ei, foarte ridicată. Deși prezintă multe avantaje, extinderea utilizării metodei de udare prin picurare este limitată de costul ridicat la amenajării, datorat, în principal, densității mari a rețelei de conducte de udare.

Tabelul 9.24

Influența irigării asupra producției la cartoful timpuriu cultivat pe nisipuri la Mârșani, jud. Dolj (1986 - 1988) (după *Schultz Maria*, 1990)

Perioada de udare	PM (% IUA)	Producția	
		t/ha	%
Întreaga perioadă de vegetație	70	22,9	100,0
Mai puțin 20 zile de la începutul tuberizării	70	16,1	70,3
Mai puțin 20 zile de la creșterea intensă a tuberculilor	70	16,7	72,9

Tabelul 9.25

Influența irigației asupra producției la porumb, soia și floarea soarelui pe nisipurile din sudul Olteniei (1973 - 1979) (după *Marinică Gh.* și colab., 1980)

PM (% IUA)	Porumb			Soia			Floarea soarelui		
	Producție (q/ha)	Spor (q/ha)	Evi (m^3/kg)	Producție (q/ha)	Spor (q/ha)	Evi (m^3/kg)	Producție (q/ha)	Spor (q/ha)	Evi (m^3/kg)
Neirigat	14,2	-	-	8,6	-	-	5,8	-	-
50	68,3	58,1	0,4-0,6	26,3	17,5	1,2-1,8	23,0	17,2	1,0-1,6
70	91,4	77,2	0,1-0,3	31,0	22,4	0,5-0,9	24,3	18,5	0,5-1,0

Scanned with OKEN Scanner

Distribuirea de paie tocate, pleavă sau alte produse organice sub forma unui strat de mulci, printre rândurile de plante, după ultima praşilă, împiedică încălzirea exagerată a nisipului şi reduce pierderile de apă prin evaporaţie. Culturile succesive dau rezultate bune în sudul Olteniei pe terenuri irigate, căci suma temperaturilor medii superioare valorii de 10 °C, de la 1 iulie până la primul îngheţ din octombrie, este de circa 2025 °C. Porumbul în cultură succesivă a produs 41,4 - 45,5 q/ha boabe, soia 19,0 - 21,9 q/ha, fasolea 10,1 - 12,1 q/ha iar floarea soarelui 25,6 q/ha (*Gheorghe D.*, 1997).

9.6 Plantarea pomilor fructiferi şi a viţei de vie pe solurile nisipoase

Plantaţiile de pomi şi vie au dat rezultate bune atât în Oltenia (Tâmbureşti, Călăraşi, Rojiştea) cât şi în Câmpia Tecuciului (Iveşti, Buceşti) şi în nord-vestul ţării. S-au remarcat pe nisipurile din Oltenia piersicul, dudul, prunul, caisul, migdalul, vişinul, nucul etc. În nord-vestul ţării cresc bine pe nisipuri mărul, prunul, caisul şi unele soiuri de cireş. La înfiinţarea plantaţiilor pomicole pe nisipuri sunt preferate cele cu umiditate potrivită, pe care se aplică obişnuitele lucrări de pregătire a terenului. Pichetarea se face, de cele mai multe ori, în triunghi echilateral şi se lasă distanţe ceva mai mici între rânduri şi între plante pe rând, căci pe nisipuri pomii nu formează coroane prea mari. Plantarea ar trebui să se facă în gropi adânci, închise, dar la unele specii, pomii formaţi în pepinieră nu suportă acoperirea parţială cu pământ a tulpinii şi de aceea, se folosesc alte două metode:

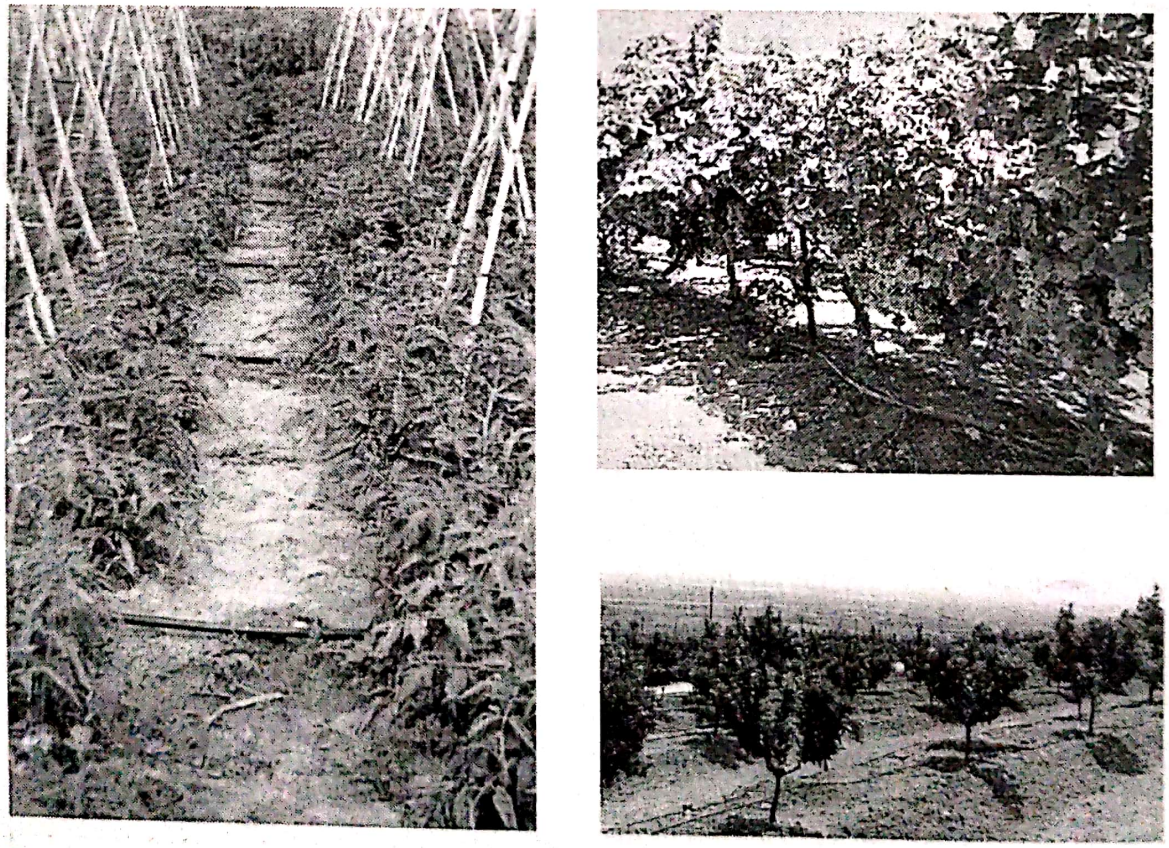


Fig. 9.9 Udarea prin picurare a culturilor de legume şi a plantaţiilor de viţă de vie şi pomi

Scanned with OKEN Scanner

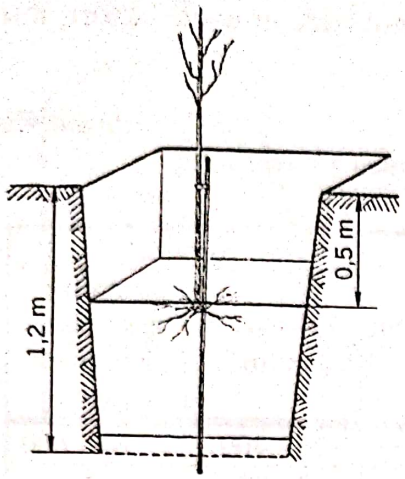


Fig. 9.10 Plantarea semiadâncă a viţelor în gropi deschise (după *Maxim I.* şi colab., 1961)

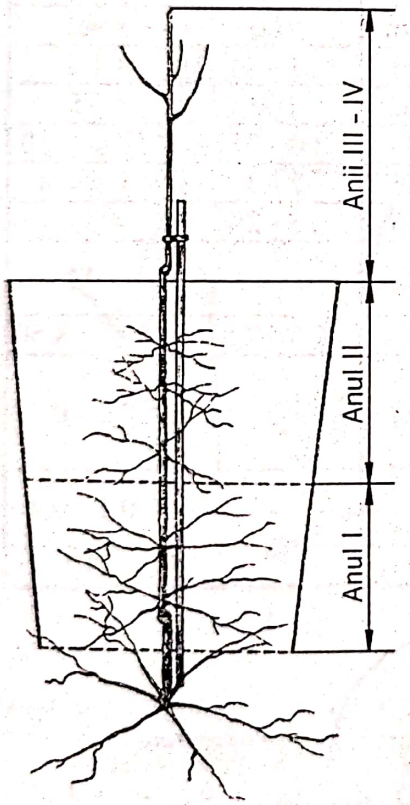


Fig. 9. 11 Plantarea adâncă a viţelor în gropi deschise (după *Maxim I.* şi colab., 1961)

- ✓ plantarea semiadâncă în gropi deschise;
- ✓ plantarea adâncă şi semiadâncă în gropi închise.

Prima metodă de plantare se aplică pe dunele nisipurilor umede, pe dunele şi interdunele celor semiumede şi pe interdunele celor uscate. Pentru plantare, toamna se sapă gropi largi şi adânci de 1,2 m, se introduc în fiecare groapă 30 - 40 kg gunoi de grajd, se fixează tutorii, se fasonează rădăcinile pomului altoit şi se plantează astfel încât coletul să rămână descoperit, la adâncimea de 30 - 50 cm de la suprafaţa solului (fig. 9.10).

Pentru plantarea adâncă şi semiadâncă, după a doua metodă, se sapă gropi tot cu latura de 1,2 m, adânci de 0,8 - 1,5 m în funcţie de umiditatea nisipului, se introduc 2- 3 kg gunoi de grajd şi se plantează, lângă tutore, portaltoiul lung de 20 - 30 cm, fasonat şi mocirlit. Dintre lăstarii care cresc în primul an, din portaltoiul plantat, se opreşte cel mai viguros şi se leagă de tutore iar după căderea frunzelor, toamna, în groapă se mai aşează un strat de nisip şi încă 5 - 8 kg gunoi de grajd. În anul al doilea, portaltoiul ajunge la partea superioară a gropii şi se face altoirea în mugure dormind iar toamna, groapa se umple în întregime cu nisip amestecat cu gunoi de grajd. În primăvara anului al treilea, lăstarul pornit din mugurele altoit se leagă de tutore iar portaltoiul se retează de deasupra punctului de altoire. În anul al patrulea, se proiectează coroana noului pom (fig. 9.11) iar cele 2 - 3 etaje de rădăcini pe care le formează portaltoiul, măresc rezistenţa lui la secetă şi asigură o nutriţie mai bună. Printre pomi este bine să se înfiinţeze culturi anuale, care împiedică spulberarea nisipului şi sporeşte conţinutul acestuia în materie organică.

O valorificare mai bună a terenurilor nisipoase se poate realiza prin plantarea viţei de vie. Nisipurile sărături oase nu sunt potrivite pentru plantarea viţei de vie şi nici cele cu apa freatică aproape de suprafaţa terenului, cum sunt cele din vecinătatea Dunării. Pentru înfiinţarea unei plantaţii viticole, terenul trebuie să îndeplinească, pe cât posibil, condiţiile ecopedologice menţionate în tabelul 9.26. Este necesară netezirea, prin deplasarea nisipului de pe dune în interdune şi

Scanned with OKEN Scanner

evacuarea - prin drenaj vertical - a apelor care se acumulează, în unele cazuri, între dune, deasupra unui strat greu permeabil (fig. 9.12).

Tabelul 9.26

Condiţii ecopedologice pentru cultura economică a viţei de vie
(după *Oprea Şt.*, 1995)

Factori de influenţă			U.M.	Limite	
				Favorabile (optime)	Extreme restrictive (minime şi maxime)
Altitudinea			m	10 - 400	> 500 - 600
Orografia	limită de pantă pe:	terenuri solificate	%	0 - 25	> 25
		nisipuri	%	0 - 10	> 10 - 15
Însuşirile fizice ale solului	textură (conţinutul în argilă)		%	12 - 45	> 50
	structură		-	glomerulară	nestructurate
	densitate aparentă		g/cm^3	> 1,2 - 1,4	> 1,6
	volum edafic util		%	72	< 24
	grosimea stratului util		cm	100	< 40
	adâncime apei freatice		m	3 - 5	< 1,5
	adâncimea stratului de gleizare		cm	100	< 75
	intervalul umidităţii active		%	60 - 75	< 50 şi > 80
Compoziţia organică şi minerală a solului	conţinutul în humus		%	2 - 3	< 1 şi > 4
	conţinutul în $CaCO_3$ diferenţiat după portaltoi	total	%	15 - 20	> 55
		activ	%	6 - 40	> 45
	reacţia solului (pH apos)		-	6,5 - 7,5	< 5 şi > 8,50
	conţinutul în elemente minerale nocive	salinizare în general (cloruri, sulfaţi, carbonaţi)	‰	-	> 0,2 - 0,3
		săruri de sodiu în complex	‰	-	> 0,1 - 0,4
		sodiu schimbabil (Sb)	%	-	> 10

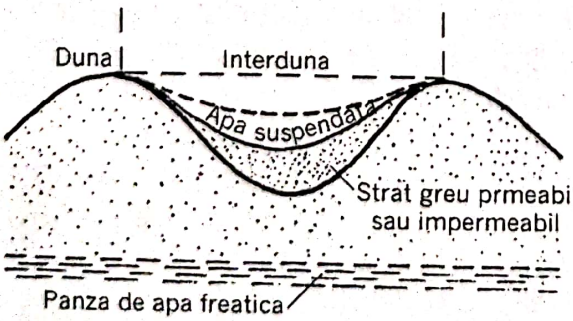


Fig. 9.12 Băltirea apei pe interdună (după *Baniţă P.*, 1983)

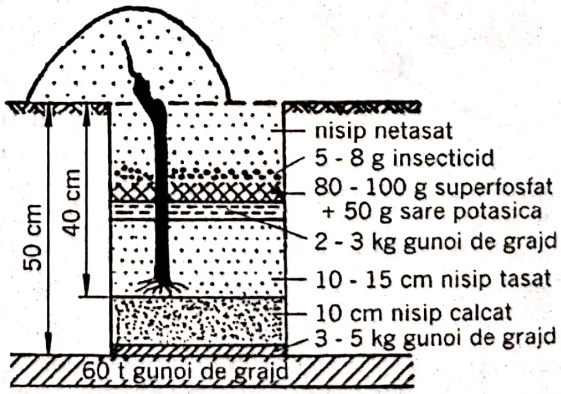


Fig. 9.13 Plantarea viţelor pe nisipuri ameliorate (după *Baniţă P.*, 1983)

Scanned with OKEN Scanner

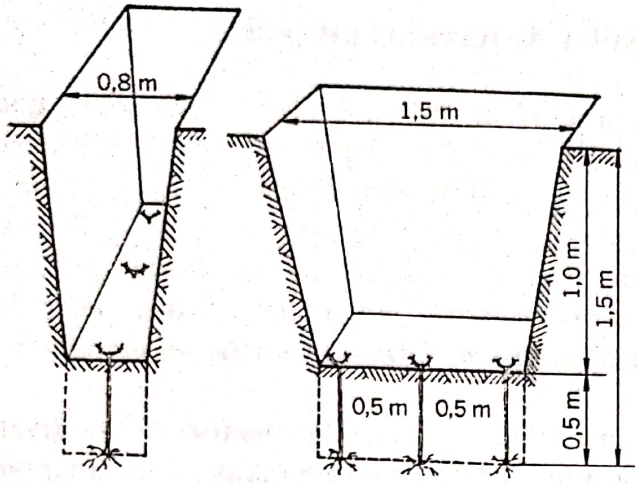


*Fig. 9.*14 Plantarea viţelor în cuiburi (după *Maxim I.* şi colab., 1961)

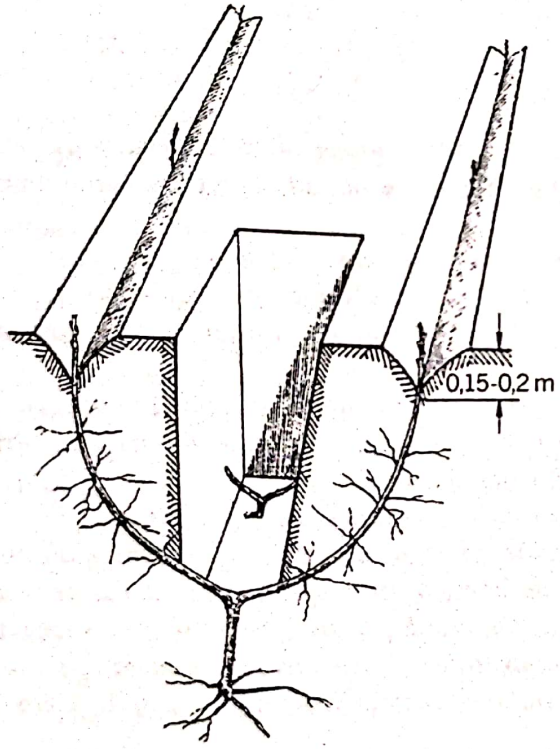


Fig. 9.15 Prelungirea viţelor plantate în cuiburi (după *Maxim I.* şi colab., 1961)

Întrucât pe nisipuri filoxera nu se poate dezvolta, se folosesc la plantare vițe nealtoite, cu vârsta de 1 - 2 ani. Cercetările efectuate pe nisipurile din Oltenia au arătat că se obțin rezultate bune la plantarea făcută în gropi adânci, în cuiburi sau în șanțuri. În primul caz, după săparea gropilor cu adâncimea de 50 - 60 cm se introduc în fiecare dintre ele 3-5 kg gunoi de grajd fermentat, apoi un strat de nisip gros de circa 10 cm care se tasează, după care se plantează butaşul înrădăcinat, după ce în prealabil a fost fasonat şi mocirlit (fig. 9.13). Se introduce din nou nisip, (10 - 15 cm), se tasează şi se adaugă gunoi de grajd (2 - 3 kg), îngrăşămintele chimice şi un insecticid, după care groapa se umple cu nisip. Pentru a asigura umiditatea necesară, se administrează apă în fiecare groapă sau se irigă întreaga suprafață cu o normă de 300 - 400 m^3/ha. Pentru plantarea în cuiburi, se sapă gropi lungi de 1,5 m, late de 0,8 m şi adânci de 1 m iar nisipul rezultat se aşează sub formă de coame printre rândurile de gropi. În fiecare groapă se introduc 9 - 15 kg gunoi de grajd şi circa 180 g superfosfat, care se amestecă cu nisipul de pe fundul gropii, până la adâncimea de 1,5 m. În fiecare groapă se plantează câte 3 butaşi, echidistanțați la 50 cm (fig. 9.14). de la fiecare viță plantată sunt dirijate să crească în anii următori câte 2 coarde de prelungire, care vor forma rândurile din dreapta şi din stânga cuibului de plantare. Pe măsură ce aceste coarde cresc, se introduce nisip în gropi şi după 3 ani de la plantare, coardele de prelungire formează noi rădăcini şi ajung la suprafață (fig. 9.15). în anii următori se aplică obişnuitele tăieri şi lucrări de întreținere, şi în special fertilizarea. Plantarea viței de vie în şanțuri se aplică mai rar.

Scanned with OKEN Scanner

9.7 Înfiinţarea pajiştilor pe terenuri nisipoase

Înierbarea nisipurilor este o măsură potrivită pentru fixarea lor, reuşind atunci când conţinutul acestora în humus este de 0,5 - 1,0 %. Pentru înierbare se folosesc specii care cresc în flora spontană pe nisipuri, cum sunt: *Plantago indica*, *Elymus arenarius*, *Cynodon dactylon*, *Agropyrum cristatum*, *Agropyrum repens*, *Bromus tectorum*, *Kochia arenaria*, *Centaurea arenaria*, *Polygonum arenarium*, *Anthemis ruthenica*, *Apera spica-venti*, *Onobrychis arenaria* etc. pentru fixarea nisipului prezintă importanţă în special, *Bromus tectorum*, *Cynodon dactylon*, *Agropyrum repens* ş. a.

Pajiştile naturale de pe nisipuri nu trebuie desţelenite, pentru a fi cultivate plante anuale ci, trebuie ameliorate prin aplicarea îngrăşămintelor, reînsămânţare etc. Pentru înierbarea nisipurilor, însămânţarea se face primăvara cât mai timpuriu posibil, folosindu-se graminee în proporţie de circa 70 % şi leguminoase 30 %. Cantitatea de sămânţă se majorează cu 30 - 100 % faţă de cea folosită pe solurile cu textura fină.

Bibliografie

1. Bucur D., Horn R., 2001 - *Influenţa densităţii aparente şi a umidităţii asupra rezistenţei la penetrare pe diferite tipuri texturale de sol*, Cercetări agronomice în Moldova, vol. 3-4, Iaşi.
2. Budoi Gh., Penescu A., 1996 - *Agrotehnica*, Editura Ceres, Bucureşti.
3. Dîrja M., 2000 - *Combaterea eroziunii solului*, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.
4. Dorneanu A. şi colab., 1981 - *Cultura plantelor pe nisipuri*, Editura Scrisul românesc, Craiova.
5. Dorneanu A. şi colab., 1985 - *Aplicarea amoniacului cu apa de irigare prin aspersiune, mijloc eficace de fertilizare cu azot a culturilor irigate*, Primul Simpozion de Îmbunătăţiri funciare, Bucureşti.
6. Dorneanu A., 1976 - *Dirijarea fertilităţii solului*, Editura Ceres, Bucureşti.
7. Dorneanu Emilia şi colab., 2001 - *Cercetări privind însuşirile agrochimice ale îngrăşămintelor organominerale pe suport de lignit şi influenţa lor fertilizantă pe solurile cu conţinut redus de humus*, Conferinţa Naţională pentru Ştiinţa Solului, Suceava.
8. Gheorghe D., 1983 - *Efectul solei amelioratoare în sporirea producţiei de porumb boabe pe psamosolurile irigate din sudul Olteniei*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 5, Bucureşti.
9. Gheorghe D., 1997 - *Culturi succesive pentru boabe pe solurile irigate din sudul Olteniei*, Cereale şi plante tehnice, nr. 11 - 12, Bucureşti.
10. Gheorghe D., Marinică Gh., 1996 - *Tehnologia de cultivare a grâului pe solurile nisipoase irigate*, Cereale şi plante tehnice, nr. 10, Bucureşti.
11. Grumeza N. şi colab., 1983 - *Irigaţii prin picurare*, Editura Ceres, Bucureşti.
12. Grumeza N. şi colab., 1989 - *Prognoza şi programarea aplicării udărilor în sistemele de irigaţii*, Editura Ceres, Bucureşti.
13. Guş P. şi colab., 1998 - *Agrotehnica*, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.
14. Ionescu Siseşti Vl. şi colab., 1980 - *Fertilizarea solului cu compost obţinut prin fermentarea dirijată a nămolului de la staţiile de epurare ale complexelor de creştere a porcilor*, Cereale şi plante tehnice, nr. 11, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

15. Klepş Cr. Şi colab., 1989 - *Produse superabsorbante româneşti experimentate în vederea îmbunătăţirii gradului de valorificare a apei pe teren nisipos*, Cereale şi plante tehnice, nr. 11 - 12, Bucureşti.
16. Lupaşcu Gh., 1998 - *Geografia solurilor cu elemente de pedologie generală*, Editura Universităţii Al. Ioan Cuza, Iaşi.
17. Marinică Gh., 1980 - *Consumul de apă şi regimul de irigare la porumb, soia şi floarea soarelui pe nisipuri*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 6, Bucureşti.
18. Maxim şi colab., 1961 - *Metode de punere în cultură a nisipurilor din R.P.R.*, Editura Agro-silvică, Bucureşti.
19. Measnicov M. şi colab., 1960 - *Contribuţii la studiul influenţei perdelelor de protecţie asupra microclimatului în sistemul de perdele de la S.C.A. Mărculeşti*, Lucr. şt., Institutul Agronomic Bucureşti.
20. Mihai Gh., Ionescu V., 1968 - *Ghid pentru combaterea eroziunii solului*, Editura Agrosilvică, Bucureşti
21. Moţoc M., Trasculescu F., 1959 - *Eroziunea solului pe terenuri agricole şi combaterea ei*, Editura Agro-silvică, Bucureşti.
22. Niţu I. şi colab., 2000 - *Lucrările agropedoameliorative*, Editura Agris, Bucureşti.
23. Obrejan Gr., Trandafirescu T., 1972 - *Valorificarea nisipurilor şi solurilor nisipoase din România*, Editura Ceres, Bucureşti.
24. Onisie T., Jităreanu G., 1999 - *Agrotehnica*, Editura Ion Ionescu de la Brad, Iaşi.
25. Oprea Şt., 1995 - *Cultura viţei de vie*, Editura Dacia, Cluj-Napoca.
26. Petre I., 1988 - *Folosirea îngrăşămintelor verzi ca sursă de materie organică pentru fertilizarea nisipurilor*, Cereale şi plante tehnice, nr. 10, Bucureşti.
27. Pintilie C. şi colab., 1980 - *Agrotehnică şi tehnică experimentală*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
28. Pop L. şi colab., 1977 - *Agrofitotehnica pe terenurile nisipoase*, Editura Ceres, Bucureşti.
29. Popescu Ch. şi colab., 1976 - *Agrofitotehnia terenurilor ameliorate*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
30. Popescu Ch. şi colab., 1983 - *Agrofitotehnie*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
31. Popescu Ch., Bucur D., 1999 - *Apa şi producţia vegetală*, Editura Gh. Asachi, Iaşi.
32. Popescu Ch., Bucur D., 2002 - *Protecţia mediului şi valorificarea în agricultură a unor deşeuri, reziduuri şi ape uzate*, Editura Tehnopress, Iaşi.
33. Pricop Gh. şi colab., 1967 - *Cercetări privind irigarea nisipurilor din stânga Jiului*, Analele I.S.C.I.F., vol. 1, Bucureşti.
34. Savu P., Bucur D., 2002 - *Organizarea şi amenajarea teritoriului agricol cu lucrări de îmbunătăţiri funciare*, Editura Ion Ionescu de la Brad, Iaşi.
35. Schutz Maria, 1990 - *Efectul elementelor nutritive şi a apei asupra producţiei la cartoful timpuriu*, Horticultura, nr. 6, Bucureşti.
36. Staicu Adela, Mitrea I., 1988 - *Efectul fertilizării minerale şi organice asupra calităţii unor producţii de pe nisipurile amenajate*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 12, Bucureşti.
37. Staicu I., 1969 - *Agrotehnica*, Editura Agrosilvică, Bucureşti.
38. Stratula V. şi colab., 1980 - *Influenţa asolamentelor asupra producţiei agricole pe nisipurile irigate din sudul Olteniei*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 7, Bucureşti.
39. Trandafirescu T., 1966 - *Cercetări preliminare privind posibilităţile de fixare a a nisipurilor mobile prin folosirea preparatului sintetic Aracet SF*, Analele I.C.P.A., vol. 34, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

„Avem un singur pământ
şi trebuie să-l apărăm"
Conferinţa Mondială asupra Mediului
Stockholm, 1972

X. RECULTIVAREA UNOR TERENURI AGRICOLE DEGRADATE

10.1 Terenuri agricole acoperite cu deşeuri şi reziduuri industriale

Industria extractivă implică mişcarea unor cantităţi enorme de rocă şi sol deoarece 60 - 99 % din minereuri devin deşeuri şi nu sunt utile (tab. 10.1). Se estimează că în SUA, excavarea şi prelucrarea materialelor, în afară de industria carboniferă, produce anual 1,0 - 1,3 miliarde tone deşeuri (*Coman Gh.* şi colab., 1996). Conform datelor UNESCO, exploatările miniere se dezvoltă, pe glob, de 1,4 - 1,7 ori mai repede decât alte ramuri industriale. De aceea, întinse suprafeţe de teren sunt degradate datorită exploatărilor miniere la zi şi depozitării diferitelor reziduuri (cenuşă de la termocentrale, şlamuri de la industria chimică, steril de la prepararea metalelor neferoase sau de la extragerea cărbunelui etc) şi toate acestea sunt purtate de ape şi vânt, producându-se poluarea mediului înconjurător. Se apreciază că în decursul istoriei, suprafaţa terenurilor fertile s-a redus, pe glob, cu circa 2 miliarde ha datorită eroziunii produsă de apă şi vânt, salinizării secundare, exploatărilor miniere, poluării industriale etc (*Nastea Şt.* şi colab., 1980).

Tabelul 10.1

Producţia mondială de minereuri şi deşeuri
(după *Brown L. R.*, 1999)

Metalul	Minereu excavat	Ponderea minereului care devine deşeu (%)
Fier	22 503	60
Cupru	11 026	99
Aur	7 235	99,999
Plumb	1 079	97,5
Aluminiu	856	70

În România, degradarea solului şi scoaterea unor suprafeţe de teren din circuitul agricol se datorează, în principal, diferitelor deponii, excavărilor, prăbuşirilor şi alunecărilor de teren, emisiilor industriale etc (tab. 10.2). Numai în bazinul Olteniei, diferite activităţi miniere ocupă 14 850 ha (tab. 10.3).

Lucrări de ameliorare a unor suprafeţe de teren neproductiv sau slab productiv şi transformarea lor în grădini înfloritoare s-au realizat încă din antichitate. Grădinile suspendate ale Semiramidei reprezintă un exemplu în această privinţă iar polderele din Olanda sunt noi suprafeţe de pământ fertil obţinut prin eforturi

Scanned with OKEN Scanner

umane. Introducerea în circuitul agricol a haldelor de steril a început în țările din vestul Europei prin secolul XIX şi se continuă şi în prezent.

Tabelul 10.2

Principalele categorii de deşeuri şi reziduuri industriale din România în anul 1999

Categorii de deşeuri	Cantitatea (mil t/an)
Steril minier	36,0
Cenuşă, zgură termocentrale	6,4
Deşeuri metalurgice	2,6
Nămoluri reziduale	2,5
Deşeuri chimice	2,2
Deşeuri feroase	1,9
Deşeuri din construcţii	3,0

Tabelul 10.3

Suprafețe de teren ocupate datorită activităților miniere în bazinul Olteniei (după *Mărăcineanu F.* şi colab., 1999)

Sucursala minieră	Suprafața ocupată, pe utilități (ha)				Total (ha)
	cariere	halde	mine	incinte etc	
Rovinari	4 607	1 327	80	1 307	7 321
Motru	1 901	722	270	396	3 289
Jilț	1 030	454	82	272	1 838
Berbeşti	1 133	527	10	231	1 901
Mehedinți	229	190	33	89	541
Total	8 900	3 220	475	2 295	14 850

Recultivarea terenurilor degradate care şi-au pierdut capacitatea de producție se poate realiza printr-un sistem complex de măsuri agroameliorative menite să le redea fertilitatea. Se pot distinge în această activitate o etapă de diminuare şi combatere a unor fenomene cum ar fi, acidifierea, salinizarea, compactarea etc şi, o etapă biologică, de creare a condițiilor pentru apariția unor fitocenoze stabile, capabile să înceapă formarea humusului şi solificarea. Pentru fixarea cenuşilor, *Nastea Şt.* şi colab. (1982) menționează următoarele metode:

- ✓ udări aplicate prin aspersiune;
- ✓ fixarea cu ajutorul unei emulsii de polimeri;
- ✓ fixarea cu ajutorul unui mulci de natură organică şi însămânțarea;
- ✓ fixarea cu ajutorul unei coperte de sol, cu grosimea de 3 - 5 cm şi însămânțarea cu specii perene.

Haldele de steril de la exploatările miniere, cenuşile de la termocentrale, batalurile de fosfogips etc se nivelează şi se tasează, după care se acoperă, pe cât posibil, cu un strat de sol fertil luat din apropiere în scopul formării unui nou profil de sol, apt pentru agricultură sau silvicultură. Este bine ca la decopertarea solului fertil şi acoperirea haldei de zgură, cenuşă, steril etc, stratul de la suprafață, bogat

Scanned with OKEN Scanner

în humus, să revină tot la suprafață. Pentru aceasta, se îndepărtează mai întâi primul strat de sol pe o grosime de 15 - 25 cm şi se depozitează separat, se decopertează următorul strat pe aceeaşi grosime şi se aşează peste zgură sau cenuşă, deasupra distribuindu-se primul strat. Grosimea totală a celor două straturi de sol este bine să fie de 30 - 50 cm sau chiar de 70 - 80 cm. Sunt potrivite solurile la care stratul cu humus are grosimea de 60 - 70 cm, conținutul de humus în jur de 3 %, textura lutoasă sau luto-argiloasă şi un conținut potrivit în azot, fosfor, potasiu etc. Aplicarea îngrăşămintelor, în special a celor organice şi irigarea creează condiții favorabile pentru creşterea plantelor şi grăbeşte desfăşurarea procesului de solificare.

Tabelul 10.4

Evoluția unor elemente nutritive pe haldele de steril de la exploatarea minieră Lăpuş, jud. Cluj, după 10 ani de cultivare (după *Nastea Şt.* şi colab., 1990)

Varianta	pH		$C_{organic}$ (%)		N_{total} (%)		P_{mobil} (ppm)		K_{mobil} (ppm)	
	inițial	după 10 ani	inițial	după 10 ani	inițial	după 10 ani	inițial	după 10 ani	inițial	după 10 ani
Martor	8,07	8,46 8,45	0,22	0,66 0,32	0,055	0,084 0,062	2,58	57 63	133	247 225
Gunoi de grajd (40 t/ha)	8,05	9,44 8,49	0,35	0,71 0,81	0,049	0,098 0,105	2,47	67 34	141	219 263
Gunoi de pasăre (15 t/ha)	8,14	8,40 8,42	0,40	0,71 0,51	0,054	0,097 0,085	2,25	79 57	133	289 268
Gunoi de grajd (40 t/ha) + $N_{100}P_{60}K_{40}$	8,04	8,40 8,50	0,33	1,00 0,66	0,043	0,110 0,085	1,69	99 60	141	297 273
Gunoi de pasăre (15 t/ha) + $N_{100}P_{60}K_{40}$	8,00	8,34 8,42	0,38	0,70 0,66	0,047	0,097 0,087	1,81	114 97	135	281 266
$N_{100}P_{60}$	8,07	8,43 8,40	0,42	0,59 0,41	0,059	0,079 0,065	2,36	82 76	26	243 273
$N_{100}P_{60}K_{40}$	8,06	8,32 8,45	0,45	0,53 0,38	0,060	0,059 0,049	1,87	69 69	135	236 241
$N_{200}P_{120}K_{80}$	8,06	8,28 8,33	0,18	0,65 0,51	0,053	0,092 0,075	2,16	163 88	124	263 281
$N_{300}P_{180}K_{120}$	8,16	8,32 8,30	0,44	0,51 0,49	0,058	0,076 0,072	1,81	132 84	167	292 276

Atunci când nu se poate realiza acoperirea haldelor de steril, zgură etc cu un strat de sol fertil, se efectuează nivelarea şi tasarea sau afânarea lor, după cum este cazul şi, în baza unor studii pedologice şi agrochimice, se înființează un asolament cu plante leguminoase. În această situație este necesară aplicarea unor doze mari de îngrăşăminte organice şi minerale, stabilizatori de structură, preparate bacteriene. În perioadele secetoase se irigă cu ape naturale sau reziduale şi se însămânțează, în primii trei ani, culturi amelioratoare potrivite pentru zona respectivă. La Rovinari, jud. Gorj, lupinul alb a produs pe haldele de steril 3 - 5 t/ha masă uscată care,

Scanned with OKEN Scanner

încorporată ca îngrăşământ verde, a îmbunătăţit însuşirile acestuia. La exploatarea minieră Lăpuş, jud. Cluj, s-au urmărit procesele primare de formare a solului şi evoluţia acumulării în decurs de 10 şi 20 de ani a elementelor nutritive azot, fosfor, potasiu (tab. 10.4 şi tab. 10.5).

Tabelul 10.5

Evoluţia unor indici de formare a solului în haldele de steril de la exploatarea minieră Lăpuş, jud. Cluj, după 20 ani de cultivare (după *Blaga Gh.* şi colab., 1997)

Varianta	H (cm)	pH		C_{total} (%)		C : N		P_{mobil} (ppm)		K_{mobil} (ppm)	
		iniţial	după 20 ani	iniţial	după 20 ani	iniţial	după 20 ani	iniţial	după 2 ani	iniţial	după 20 ani
Pajişte	0-5	7,85	7,85	0,29	2,40	8,29	12,97	1,45	15	133	260
	5-10		7,80		1,05		8,75		10		210
	10-20	7,95	7,90	0,30	0,60	5,00	6,66	1,40	7	120	215
Pajişte + N_{100} anual + $P_{60}K_{40}$	0-3	8,10	7,70	0,53	3,20	11,77	13,00	2,20	70	148	400
	3-5		7,75		1,25		9,61		35		380
	5-10	8,15	8,00	0,38	0,49	6,12	5,44	1,54	12	144	310
	10-20		8,10		0,40		4,70		12		315
Pajişte + 15 t/ha gunoi + $N_{75}P_{40}K_{75}$	0-5	8,12	7,80	0,42	3,82	16,15	13,64	1,16	98	141	480
	5-10		7,85		2,02		12,94		54		395
	10-20	8,16	8,05	0,26	0,90	14,44	8,57	1,11	24	133	310
Graminee + N_{100} anual + $P_{80}K_{40}$ la 2 ani	0-3	7,79	7,35	0,23	7,55	4,50	13,73	1,10	100		450
	3-5		7,45		2,80		12,72		71	108	410
	5-10	8,00	7,90	0,39	1,10	9,28	10,00	2,20	29		340
	10-20		7,90		0,70		7,77		14	149	310
Graminee + leguminoase + N_{50} anual + $P_{80}K_{40}$ la 2 ani	0-3	8,20	7,80	0,38	7,80	5,01	15,91	2,64	120	141	430
	3-5		7,85		2,40		12,00		38		420
	5-10		7,95	0,39	1,60	5,20	8,88	2,60	18	130	395
	10-20		8,10		0,40		5,33		15		390
Dactylis glomerata + N_{100} anual + $P_{80}K_{40}$ la 2 ani	0-3	7,79	7,30	0,38	8,30	5,75	15,09	2,20	131	125	495
	3-5		7,40		3,50		12,50		110		339
	5-10	8,00	7,80	0,43	1,10	7,54	9,16	2,25	55	121	305
	10-20		7,90		0,70		7,77		30		310
Robinia pseudacacia	0-3	7,00	7,40	0,32	5,05	7,11	16,05	2,90	72	157	320
	3-5		7,50		1,50		10,00		58		280
	5-10	8,24	7,90	0,20	0,63	3,65	7,00	1,94	31	160	270
	10-20		8,10		0,40		5,33		18		180
Pinus silvestris	0-3	8,00	7,10	0,25	6,93	4,54	20,00	1,45	29	167	380
	3-5		7,50		1,25		11,36		15		254
	5-10		7,70	0,19	0,70	4,22	7,77	1,94	18	159	235

S-a constatat că sub vegetaţie ierboasă abia după 10 ani au început să apară primele semne de diferenţiere a orizonturilor şi acumularea humusului în primii 2 - 3 cm de la suprafaţă. După 20 de ani, aceste procese sunt mai evidente. Reacţia materialului (pH) s-a schimbat puţin, dar a crescut mult conţinutul în

Scanned with OKEN Scanner

carbon organic şi azot, în special, acolo unde s-au aplicat îngrăşăminte organice. S-a înregistrat un spor evident al conţinutului în fosfor şi potasiu. În general, procesul de formare a solului depinde de proprietăţile fizico-chimice ale materialului din halde, condiţiile de mediu, climă, vegetaţie precum şi măsurile tehnice de recultivare. Folosirea plantelor amelioratoare - în special ierburi perene - şi aplicarea îngrăşămintelor organice şi minerale accelerează procesul de solificare. Sparceta a produs pe halde de steril 30 - 48 t/ha masă uscată (tab. 10.6).

Tabelul 10.6

Producţia de sparcetă m.v. obţinută pe haldele de la exploatarea minieră Lăpuş, jud. Cluj (după *Blaga Gh.* şi colab., 1979)

Îngrăşăminte					Producţia	
N	P	K	Gunoi (t/ha)			
			de grajd	de pasăre	(t/ha)	(%)
Nefertilizat					30,15	100,0
-	-	-	40	-	40,66	134,9
-	-	-	-	15	41,47	137,5
100	60	40	40	-	45,30	150,2
100	60	40	-	15	48,53	161,0
100	60	-	-	-	40,44	134,1
100	60	40	-	-	42,84	142,1
200	120	80	-	-	46,22	153,3
300	180	120	-	-	46,78	155,2

Culturile amelioratoare pot fi urmate, după 3 ani, de grâu, porumb, lucernă etc sau se pot înfiinţa plantaţii de viţă de vie şi pomi fructiferi.

În general, sterilul de la exploatările carbonifere are reacţie neutră sau slab alcalină, conţine foarte puţin humus şi azot şi cantităţi reduse de fosfor şi potasiu. Conţinutul în metale grele nu depăşeşte limita maximă admisibilă (LMA) (tab. 10.7).

Îngrăşămintele au sporit de 2 - 3 ori recolta culturilor însămânţate pe haldele de steril din Oltenia. Astfel, la cariera Husnicioara, jud. Mehedinţi, doza de 25 t/ha gunoi de grajd a dublat recolta la floarea soarelui, lucernă şi arahide iar îngrăşămintele minerale cu azot au sporit de trei ori recolta la grâu, porumb, lucernă ş.a. (tab. 10.8).

La Rovinari, jud. Gorj, îngrăşămintele cu azot, fosfor şi potasiu au sporit de patru ori producţia la grâu şi de două ori la porumb (tab. 10.9). Aplicarea îngrăşămintelor chimice, în doze mari, pe haldele de steril fertilizate cu lupin îngrăşământ verde, a determinat obţinerea de recolte mari atât la grâu cât şi la porumb (tab. 10.10) dovedind importanţa îngrăşământului verde aplicat împreună cu cele chimice. După cultivarea haldelor de steril cu leguminoase, folosind şi îngrăşăminte minerale, a sporit în mod evident conţinutul lor în humus, fosfor şi, în special, potasiu.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 10.7

Însuşirile agrochimice ale haldelor de steril din cariera Husnicioara, jud. Mehedinţi (după *Mocanu R.* şi colab., 2001)

Nr. crt.	Componente		Valoarea	Interpretarea
1	pH-ul suspensiei apoase		8,13 - 8,19	slab alcalin
2	P ppm (Al)		23,2 - 30,5	mijlociu asigurat
3	K ppm (Al)		51,4 - 59,7	slab asigurat
4	N_t (%)		0,0266 - 0,0287	foarte sărac în azot
5	Humus (%)		0,094 - 0,423	foarte sărac
6	Cu (ppm)	total	15,69 - 28,90	sub LMA
		solubil	0,361 - 0,767	sub LMA
7	Zn (ppm)	total	4050 - 68,24	sub LMA
		solubil	0,636 - 10,08	sub LMA
8	Pb (ppm)	total	8,77 - 9,10	sub LMA
		solubil	0,78 - 0,95	sub LMA
9	Co (ppm)	total	10,96 - 16,96	sub LMA
		solubil	0,467 - 0,777	sub LMA
10	Ni (ppm)	total	25,09 - 30,05	sub LMA
		solubil	0,29 - 1,32	sub LMA
11	Mn (ppm)	total	26,9 - 318,7	sub LMA
		solubil	38,59 - 42,64	sub LMA
12	Cd (ppm)	total	0,319 - 0,351	sub LMA
		solubil	0,0 - 0,027	sub LMA

Tabelul 10.8

Influenţa îngrăşămintelor asupra producţiei unor culturi pe haldele de steril de la Husnicioara, jud. Mehedinti, în perioada 1997 - 2000 (după *Mocanu R.* şi colab., 2001)

Doza de îngrăşăminte			Fără gunoi de grajd								25 t/ha gunoi de grajd							
			grâu		arahide		floarea soarelui		lucernă		porumb		floarea soarelui		lucernă		arahide	
N	P	K	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
nefertilizat			474	100	128	100	322	100	675	100	1215	100	528	100	1200	100	333	100
64	-	-	1122	236	266	208	519	167	1825	270	1990	164	1050	199	3150	263	602	181
96	-	-	1386	292	523	409	613	190	2136	316			1197	287	4050	338	796	239
120	-	-	1623	342	406	317			2720	403					4475	373	844	253
150	-	-	1810	381														
100	-	-									2085	172						
136	-	-					613	190			2975	245	1197	227				
160	-	-									3752	309						
136	80	80									4402	362						
136	64	-					663	206					1231	233				
100	80	80					841	261					1456	257				
64	64	-							3345	496					5575	465		
96	64	-			518	405											874	262

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 10.9

Influența îngrășămintelor asupra producției la grâu și porumb cultivat pe haldele de steril de la Rovinari, jud. Gorj (1972 -1975) (după *Marin N.*, 1979)

Varianta	grâu		porumb	
	kg/ha	%	kg/ha	%
Nefertilizat	916	100	2767	100
N_{64}	2508	274	5099	184
P_{36}	1029	112	3125	113
K_{80}	1011	110	2238	81
N_{64} P_{36}	2685	293	5393	195
N_{64} K_{80}	2657	290	5119	185
N_{64} P_{36} K_{80}	2751	300	5320	192
N_{128} P_{72} K_{80}	3802	415	5479	198

Tabelul 10.10

Producția obținută la grâu și porumb pe haldele de steril de la Rovinari, jud. Gorj, cu ajutorul îngrășămintelor chimice asociate cu îngrășământ verde (lupin) (după *Nastea Șt.* și colab., 1980)

Îngrășăminte (kg/ha s. a.)			Porumb		Grâu	
N	P	K	kg/ha	%	kg/ha	%
Martor - îngrășământ verde			4396	100	1470	100
100	-	-	5206	118	2510	171
-	18	-	4220	96	1384	92
-	-	40	4050	92	1233	84
100	18	-	5090	116	2550	174
100	-	40	5190	118	2770	188
-	18	40	4060	92	977	66
100	18	40	4596	105	2650	180
200	18	40	5694	130	3510	239
200	36	40	5142	117	3370	229
300	18	40	5984	136	3900	265
300	36	40	5845	133	4087	278
300	54	40	6058	138	4087	277

La vița de vie, aplicând 40 - 60 t/ha gunoi de grajd o dată la patru ani și cantități de $N_{60-90} + P_{60-100} + K_{60-100}$ anual, s-au obținut rezultate bune la soiurile Fetească regală, Merlot, Riesling italian și recolte mai mici la soiul Cabernet Sauvignon și altele (tab. 10.11).

La înființarea plantațiilor pomicole s-au executat lucrări de desfundare la 50 - 60 cm și fertilizare cu 40 - 60 t/ha gunoi de grajd, distribuit uniform împreună cu N_{50} P_{100} K_{120} iar la fiecare groapă de plantare 3 kg gunoi și 5 g N + 3 g P + 5 g K. La măr, au dat rezultate bune soiurile Ionathan și Golden delicios, la prun soiurile Anna Spath și Rivers timpuriu iar la vișin soiurile Mari timpurii și Mocănești (tab. 10.12). Nu s-au obținut rezultate bune la nuc și alun.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 10.11

Rezultate obținute la cultura viței de vie pe haldele de steril de la Rovinari, jud. Gorj (1980 - 1984) (după *Mocanu R.*, 1997)

Soiul	Producția		Zaharuri	Aciditate
	t/ha	%	g/l	g/l
Fetească regală	12,16	135	132,1	6,35
Merlot	11,66	130	168,6	5,20
Riesling italian	10,05	112	173,9	5,48
Pinot noir	7,86	87	187,7	5,27
Muscat Otonel	7,53	84	189,6	4,69
Sauvignon	7,26	81	188,7	5,26
Cabernet Sauvignon	6,44	72	181,3	5,73
Media	9,00	100	-	-

Tabelul 10.12

Rezultate obținute la cultura unor specii pomicole pe haldele de steril de la Rovinari, jud. Gorj (1990 - 1993) (după *Mocanu R.*, 1997)

Specia	Soiul	Producția t/ha	Greutate fructe (g)	Dimensiuni fructe (mm)		
				H	G	L
Măr	Golden delicios	22,3	87,4	46	61	59
	Ionathan	24,1	91,1	53	63	60
	Starchinson	17,4	102,7	62	59	51
Păr	Rivers timpuriu	9,2	34,1	38	35	34
	Vinete românești	7,1	20,8	38	30	29
	D' Agen	8,6	16,7	35	28	27
	Anna Spath	11,4	38,6	40	29	32
Vișin	Mari timpurii	7,6	4,1	15,9	18,1	19,2
	Crișana	7,2	4,8	17	18,1	20,9
	Mocănești	7,4	46	14,8	16,0	16,9

Cenușa provenită de la arderea cărbunelui la termocentrale este spulberată de vânt și poluează împrejurimile pe o rază de circa 25 km. Haldele de cenușă produsă anual cuprindeau, pe plan mondial, peste 300 mil tone în anul 1993 iar la noi în țară depășeau 27 mil tone (*Mocanu R*, 1997). Cea mai mare parte din cenușă provine din arderea lignitului și a șisturilor bituminoase iar cele mai mici de la arderea huilei. Haldele de cenușă ocupă o suprafață de circa 2000 ha și un vânt cu viteza de 2 - 10 m/s poate antrena în atmosferă până la 690 mg cenușă la fiecare metru cub de aer (*Bornea M.*și colab., 1975). Cenușa are o permeabilitate redusă pentru apă, se încălzește mult vara și, în general, nu întrunește condiții favorabile pentru creșterea plantelor. Cea mai mare parte din particulele de cenușă au dimensiuni cuprinse între 0,2 și 0,002 mm, coeficientul de higroscopicitate redus și densitatea aparentă în jur de 1 g/cm^3. reacția cenușii este slab alcalină, azotul se găsește în cantitate foarte redusă dar conținutul în fosfor și potasiu este ridicat (tab. 10.13).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 10.13

Proprietăți fizico-chimice ale haldelor de cenușă (după *Mocanu R.* și colab., 1997)

Însușiri fizice	Tipul de cenușă și locul de proveniență				
	Lignit		Cărbune brun și antracit		
	Işalnița	Rovinari	Oradea	Mintia	Paroșeni
Compoziția granulometrică					
2,0 - 0,2	8,2			9,8	
0,2 - 0,02	65,2			74,7	
0,02 - 0,002	21,7			10,7	
< 0,002 mm	4,9			4,8	
Coef. higroscopicitate (% g/g)	1,16				
Densitatea aparentă (g/cm^3)	0,92				
Rezistența la penetrare (kg/cm^2)	10				
Conductivitatea hidraulică (cm/s)	212				
Însușiri chimice					
SiO_2 (%)	48,31	47,78	50,67	49,94	49,22
Al_2O_3 (%)	21,73	21,65	20,00	26,64	27,35
Fe_2O_3 (%)	9,67	11,70	12,19	10,47	10,09
CaO (%)	10,04	10,97	6,58	5,16	4,34
MgO (%)	2,73	2,65	2,59	1,37	1,87
SO_3 (%)	1,48	1,65	3,28	0,81	1,35
pH	8,20				8,35
N_t (%)	0,11				0,02
P_t (%)	0,09				0,13
P_{mobil} (ppm)	83,30				163,90
K_{mobil} (ppm)	229,60				83,60
Cu (ppm)	51,50				62,00
Zn (ppm)	62,50				100,00
Pb (ppm)	27,30				40,00
Co (ppm)	18,50				
Ni (ppm)	55,20				
Cr (ppm)	130,10				

Cenușile de la termocentralele Comănești și Doicești se remarcau printr-un conținut ridicat în cupru și zinc (tab. 10.14). Ovăzul cultivat pe amestecul de sol și cenușă de șisturi bituminoase a dat producții bune la 10 % cenușă, 90 % sol plus îngrășăminte NPK (tab. 10.15). Pe haldele de cenușă de la Rovinari, copertate cu 10 - 20 cm lut obținut de la exploatarea cărbunelui, au dat rezultate bune ovăzul, porumbul, cartoful, lucerna etc (tab. 10.16).

Pentru recultivarea haldelor de cenușă din țară, *ICPA* recomandă întocmirea unui studiu fizico-chimic asupra cenușii pentru a cunoaște eventualii factori restrictivi. Se trece apoi la netezirea haldelor și, dacă este posibil, copertarea lor cu un strat de sol cu grosimea de cel puțin 5 cm, aplicarea gunoiului de grajd în doză de 40 - 60 t/ha și îngrășăminte chimice, în special, cu azot. *Nastea Șt.* și colab. (1990) au obținut recolte bune la porumb, arahide și cartof pe haldele de cenușă de la CET Işalnița (tab. 10.17). Gunoiul de grajd și îngrășămintele cu azot au sporit

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 10.14

Compoziția chimică a cenușilor de la termocentralele Comănești și Doicești (după *Popescu Ionela*, 1980)

Componente	Comănești	Doicești
K_2O (%)	1,62	0,97
Cao (%)	0,67	2,38
S (%)	0,31	0,30
Mn (ppm)	Urme	Urme
Cu (ppm)	132,0	82,5
Zn (%)	375,0	210,0
Mo (%)	11,0	14,5

în mod evident recolta la cele trei culturi. Pe haldele de cenușă de la Rovinari, *Olaru V.* (1972), citat de *Mocanu R.* (1997) a obținut producții de 2648 kg/ha grâu, 2754 kg/ha secară, 3325 kg/ha orz, 6065 kg/ha porumb și 15000 kg/ha cartof. Întrucât cenușa se încălzește foarte puternic în timpul verii până la adâncimea de 15 - 20 cm și apa se evaporă, irigarea la intervale scurte de timp, folosind norme mici de udare a sporit în mod evident recolta (tab. 10.18). Pentru înființarea unor pajiști se poate folosi un amestec de 25 % *Bromus inermis*, 30% *Festuca arundinacea*, 25 % *Dactylis glomerata* și 20 % *Medicago sativa*. Norma de sămânță trebuie să fie dublă față de cea necesară pe solurile zonale iar epoca de semănat primăvara timpuriu sau toamna, în lunile septembrie - octombrie. S-au obținut rezultate bune și prin cultura altor specii cum ar fi: *Melilotus albus*, *Festuca rubra*, *Sinapsis alba*, *Brassica napus oleifera* etc. secara prezintă avantajul că pornește în vegetație primăvara timpuriu, înfrățește puternic și împiedică spulberarea cenușii. Pe haldele de cenușă s-au obținut la Işalnița recolte de 3459 kg/ha boabe de secară, 24,4 t/ha tuberculi de topinambur, 38,0 t/ha rădăcini de sfeclă pentru zahăr, 1790 kg/ha soia etc (*Nastea Șt.* și colab., 1982).

Tabelul 10.15

Influența diverselor amestecuri de sol cernoziom cambic tipic de la Fundulea cu cenușă de șisturi bituminoase asupra producției de ovăz și a conținutului acestuia în macroelemente (după *Dumitru M.* și colab., 1984)

Varianta			Înălțimea plantei (cm)	Producția de boabe (g/vas)	Producția de paie (g/vas)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Sol (%)	Cenușă (%)	Îngrășăminte (g/vas)								
100	-		37	3,4	5,7	0,46	0,27	0,97	0,17	0,14
100	-	$N_1P_1K_1$	52	11,6	17,0	0,80	0,34	1,01	0,46	0,12
90	10		40	4,3	7,3	0,38	0,27	0,99	0,16	0,13
90	10	$N_1P_1K_1$	49	14,2	19,1	0,72	0,27	0,66	0,47	0,09
75	25		42	3,2	5,4	0,38	0,38	1,06	0,20	0,13
75	25	$N_1P_1K_1$	57	10,6	15,7	0,85	0,29	0,71	0,50	0,13
50	50		39	3,1	5,2	0,41	0,49	1,31	0,23	0,14
50	50	$N_1P_1K_1$	55	10,1	14,4	0,74	0,18	0,56	0,48	0,17
25	75		36	2,7	3,7	0,41	0,45	1,27	0,20	0,14
25	75	$N_1P_1K_1$	53	9,1	10,0	0,68	0,19	0,48	0,42	0,15
10	90		36	2,4	3,5	0,40	0,39	1,36	0,19	0,14
10	90	$N_1P_1K_1$	47	8,5	9,1	0,82	0,14	0,48	0,51	0,08
-	100		12	1,0	2,0	0,38	0,34	1,23	0,30	0,06
-	100	$N_1P_1K_1$	29	3,2	5,4	0,68	0,15	0,71	0,51	0,11

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 10.16

Influența asupra producției (kg/ha) unui sortiment de culturi agricole a copertării și amestecării prin arătură a cenușii de la Rovinari cu diferite materiale rezultate din exploatările la zi a cărbunelui (după *Olaru V.* și colab., 1984)

Tratamentul	Grâu	Secară	Orz	Ovăz	Porumb	Cartof	Lucernă fân	Trifoi fân	Golomăț
Cenușă	683	757	575	280	1072	5692	1668	2450	1111
Cenușă + 10 cm luturi galbene	2094	2205	2705	1111	2605	8685	3368	3588	2127
Cenușă + 20 cm luturi galbene	2172	2311	2738	1133	2594	6722	3296	3821	1872
Cenușă + 10 cm luturi vinete	2377	2522	2988	1400	4605	14305	4120	4188	2205
Cenușă + 20 cm luturi vinete	2388	2538	3055	1416	4515	12972	4327	4472	2322
Cenușă + 10 cm sol	2544	2472	2983	1472	3177	9638	3540	3607	2127
Cenușă + 10 cm sol	2527	2591	3061	1608	3401	11388	3671	3511	2255
Sol	2730	2882	3311	1694	3994	10372	4027	4455	2400

Tabelul 10.17

Influența agrofondului asupra producției unor culturi pe haldele de cenușă de la CET Işalnița (după *Nastea Șt.* și colab., 1990)

Gunoi (t/ha)	Azot (kg/ha)	Densitate (mii pl/ha)	Producția t/ha	Producția %	Gunoi (t/ha)	Azot (kg/ha)	Densitate (mii pl/ha)	Producția t/ha	Producția %
Porumb (media 1987 - 1989)					Arahide (media 1983 - 1986)				
80	300	-	12,7	132	15	100	80	2,31	100
60	300	-	11,8	123	15	100	100	2,62	116
40	300	-	11,3	118	15	100	135	2,75	119
-	300	-	9,6	100	15	200	200	3,15	136
Cartof (media 1987 - 1989)					-	100	80	1,56	100
30	300	-	22,6	117	-	100	100	1,83	118
30	200	-	23,2	120	-	100	135	2,10	135
30	100	-	20,8	108	-	100	200	2,60	167
30	-	-	19,3	100					

Tot pentru a reduce deflația se renunță la arătură, solul lucrându-se cu grapa cu discuri, cultivatorul etc. la încorporarea gunoiului de grajd sau a îngrășămintelor verzi se folosește plugul. Prin fertilizarea cu 15 t/ha gunoi de grajd + N_{200} și irigarea în perioada împăierii și formării bobului cu norme de 250 - 300 m^3/ha, secara a dat producții de 3420 kg/ha pe haldele de cenușă neacoperite cu sol. După o cultură de lucernă, menținută timp de patru ani și fertilizarea cu 80 t/ha gunoi de grajd + N_{300}, hibrizii tardivi de porumb cultivați pe haldele de cenușă și irigați cu 2100 - 2700 m^3/ha, administrați sub forma a 7 - 9 udări, au produs până la 12,7 t știuleți pe suprafața de un hectar. La soia s-au obținut recolte bune cu soiul Amsoy

Scanned with OKEN Scanner

care, la densitatea de 70 boabe germinabile/m^2, a dat producții de 3110 kg/ha. Dintre microelemente, au dat rezultate bune borul și molibdenul care, au sporit recolta la această cultură cu 520 - 700 kg/ha.

Tabelul 10.18

Influența îngrășămintelor și a irigației asupra producției obținute pe halda de cenușă de la Rovinari - Gorj (după *Dumitru M.* și colab., 1994)

Varianta	Producția (q/ha)											
	Lucernă		Trifoi		Golomăț		Secară		Ovăz		Porumb	
	irig.	neirig.	irig.	neirig.	irig.	neirig.	irig.	neirig.	irig.	neirig.	irig.	neirig.
Netratat	423,0	385,0	432,5	436,5	152,5	135,5	12,10	7,25	43,0	3,00	7,5	5,0
N_{50} P_{40} K_{40}	467,5	425,0	524,2	503,0	170,5	177,5	15,15	10,70	10,70	6,90	15,5	7,7
N_{100} P_{80} K_{80}	596,2	496,5	550,8	555,8	196,5	188,0	19,35	15,10	13,65	11,00	15,8	8,5
N_{150} P_{120} K_{120}	595,0	538,0	607,5	588,0	219,0	208,0	21,75	18,35	15,30	13,80	18,3	15,2
20 t/ha gunoi + N_{50} P_{40} K_{40}	608,0	590,0	669,2	625,0	180,6	204,0	26,00	23,5	17,00	14,85	24,2	18,8
40 t/ha gunoi + N_{50} P_{40} K_{40}	628,0	629,0	740,0	685,8	228,0	237,5	28,90	25,10	19,15	11,20	28,2	22,5

Tabelul 10.19

Compoziția medie a fosfogipsului din batalurile de la Turnu Măgurele (după *Nastea Șt.* și colab., 1981)

Componente	Cantitate
Ghips (%)	70
Azot total (%)	0,085
Fosfor total (%)	0,524
Fosfor mobil (ppm)	435
Potasiu mobil (ppm)	113
Zinc total (ppm)	56
Zinc mobil (ppm)	1,7
Fluor (ppm)	52
Cupru total (ppm)	16
Cupru mobil (ppm)	1,7
Plumb total (ppm)	13
Fier total (ppm)	3027
Mangan total (ppm)	25
Cobalt (total)	3
Nichel (ppm)	7

Fertilizarea haldelor de cenușă cu 15 t/ha gunoi de grajd și aplicarea tuturor lucrărilor agrotehnice au creat condiții bune de vegetație și pentru arahide care, au produs până la 3150 kg/ha păstăi. Aplicând 30 t/ha gunoi de grajd + N_{250} + P_{100} + P foliar (151 kg/ha), *Constantinescu Emilia*, citată de *Mocanu R.* (1997) a obținut la cartof o producție de 41,1 t/ha tuberculi. S-a dovedit potrivit soiul Desirée. La topinambur s-au obținut producții de 24,4 t/ha tuberculi și 29,0 t/ha masă vegetativă. La vița de vie plantată pe haldele de cenușă s-au recoltat 9310 kg/ha struguri din soiul Roșioară, cu 160 - 180 g/l zahăr și 6170 kg/ha struguri la soiul Riesling, cu un conținut de zahăr de 220 - 240 g/l (*Mocanu R.*, 1997).

În vecinătatea fabricilor de îngrășăminte fosfatice se acumulează cantități mari de fosfogips adunat în bataluri care ocupă suprafețe întinse de teren. Fosfogipsul din vecinătatea fabricii de la Turnu Măgurele conținea, în medie, 70 % ghips, 0,524 % fosfor total, unele metale grele și în cantități relativ mari fluor (tab. 10.19).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 10.20

Recolte obținute la câteva culturi agricole pe batalul de fosfogips de la Turnu Măgurele (după *Nastea Șt.* și colab., 1981)

Varianta	Lucernă m.v.		Porumb		Soia		Floarea soarelui	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Fosfogips netratat	26322	100	1830	100	1845	100	1627	100
Fertilizat cu 30 t/ha gunoi de grajd	40115	152	2216	121	2164	117	2040	125
Fertilizat și amestecat cu un strat de 20 cm sol	64573	245	2771	151	2828	153	2635	162
Fertilizat și amestecat cu 20 cm sol și copertat cu alți 20 cm sol	78601	299	3008	164	2879	156	2691	165
Fertilizat și amestecat cu 20 cm sol și copertat cu alți 20 cm sol	58383	222	2898	158	2659	144	2593	159

Tabelul 10.21

Conținutul în metale grele (ppm) al plantelor cultivate pe batalul de fosfogips de la Turnu Măgurele (după *Nastea Șt.* și colab., 1981)

Metale grele	Plante				Boabe	
	Porumb	Floarea soarelui	Soia	Lucernă	Porumb	Soia
Cupru	15 - 23	34 - 52	13 - 29	12 - 18	1,10 - 1,40	11,0 - 17,5
Zinc	23 - 44	26 - 48	26 - 38	24 - 53	20 - 25	46 - 69
Plumb	6 - 8	7 - 8	5 - 12	6 - 8	1,1 - 1,8	2,3 - 3,0
Fier	444 - 1056	687 - 962	450 - 1350	250 - 350	28 - 62	59 - 212
Mangan	11 - 69	21 - 34	23 - 37	12 - 39	2,5 - 3,1	13,3 - 17,0
Nichel	3 - 5	4 - 5	6 - 10	6 - 9	1,1 - 2,1	11 - 20
Cobalt	urme	urme	urme	urme	0,5 - 0,7	1,2 - 1,6
Fluor	60,9 - 109	102 - 145	26,3 - 60,0	22,3 - 38,0	12,3 - 15,0	21,6 - 38,5
Cadmiu					0,12	0,15 - 0,50

Câteva culturi însămânțate pe aceste bataluri, după modelare și nivelare, au dat recolte de 26322 kg/ha lucernă masă verde, 1830 kg/ha porumb boabe etc (tab. 10.20). Aplicarea gunoiului de grajd în doză de 30 t/ha a sporit recolta cu 52 % la lucernă, 25 % la floarea soarelui, 21 % la porumb și 17 % la soia. Cele mai mari recolte s-au obținut la fertilizare și amestecarea fosfogipsului cu sol și copertarea lui cu un strat gros de 20 - 40 cm de sol (tab. 10.20). Determinându-se conținutul recoltei în metale grele (tab. 10.21) s-a constatat că numai fluorul se afla în cantități care depășeau limitele admise. Datorită acestui fapt, *Nastea Șt.* și colab. (1981) recomandă să se folosească în hrana animalelor numai lucerna iar celelalte plante doar în amestec cu furaje obținute pe terenuri normale, în raport de 1:10. Boabele de porumb și semințele de soia se pot folosi pentru industrializare. Rezultă

Scanned with OKEN Scanner

deci că pentru readucerea în circuitul agricol a batalurilor de fogfogips sunt necesare câteva operaţiuni:

- ✓ modelarea şi nivelarea cu taluzuri uniforme şi pante mici;
- ✓ copertarea cu un strat de circa 40 cm sol fertil;
- ✓ fertilizarea anuală sau la doi ani cu 30 t/ha gunoi de grajd şi îngrăşăminte chimice după cerinţele plantei cultivate;
- ✓ însămânţarea cu lucernă, porumb, soia, floare soarelui etc şi irigarea culturilor în perioadele secetoase.

10.2 Terenuri poluate cu îngrăşăminte şi metale grele

Pentru a evita poluarea nitrică a solului, apei şi recoltei este necesar să se stabilească o corelaţie între conţinutul în azot al solului, umiditatea acestuia şi consumul de azot de către plantele cultivate (fig. 10.1). Este recomandabil ca pe soluri cu fertilitate redusă, îngrăşămintele să se aplice în doză moderată şi fracţionat, în special, în faza de creştere intensivă a plantelor iar pe terenuri irigate, umiditatea solului să nu depăşească capacitatea pentru apă în câmp. Îngrăşămintele cu azot aplicate în doze mari în zonele ploioase, intensifică poluarea fără a spori recolta peste o anumită limită (fig. 10.2). În aceste zone se pot aplica îngrăşăminte cu azot greu solubile. Rezultate bune se obţin la aplicarea îngrăşămintelor foliare şi a inhibitorilor de nitrificare. Poluarea solului se poate produce şi datorită unor neglijenţe la transportul îngrăşămintelor şi, mai ales, la distribuirea neuniformă pe teren. Dozele mari de îngrăşăminte fosfatice determină apariţia carenţei în zinc.

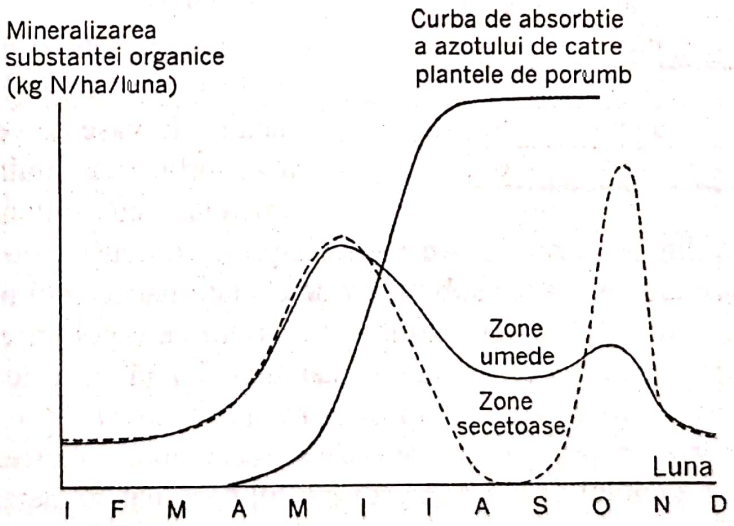


Fig. 10.1 Corelaţia între umiditatea solului, conţinutul în azot şi consumul azotului de către plante (după *Grosclaude G.*, 1999)

Reacţia solului influenţează solubilitatea compuşilor cu metale grele şi pe soluri alcaline există posibilitatea formării de hidroxizi şi compuşi greu solubili şi de aceea trebuie să se menţină pH-ul solului neutru sau slab alcalin. Grâul cultivat pe un teren cu pH = 4,4 - 4,6 şi poluat cu metale grele, a acumulat în tulpini mai

Scanned with OKEN Scanner

puțin zinc, mangan, cadmiu etc pe parcelele care au primit amendamente (tab. 10.22). Reglarea reacției solului la valori ale pH-ului mai mari de 5,5 reduce efectul toxic al plumbului și cadmiului prin blocarea acestor metale de către materia organică și complexul adsorbtiv al solului (*Neață G.*, 1993).

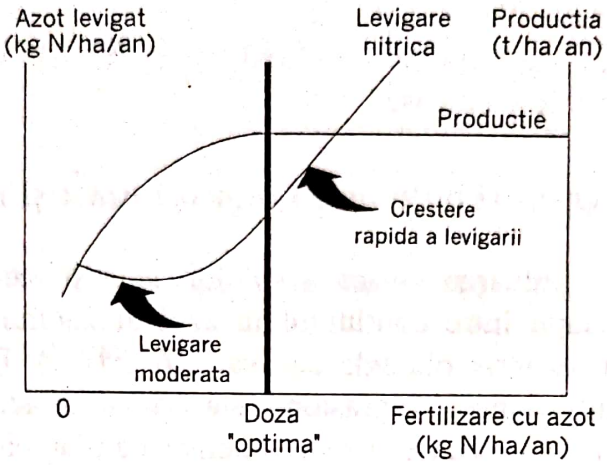


Fig. 10.2 Relația între nivelul de fertilizare cu azot, producție și levigarea azotului nitric (după *Grosclaude G.*, 1999)

Tabelul 10.22

Conținutul în metale grele a paielor de grâu (mg/kg s.u.) cultivat pe teren amendat sau neamendat (după *Nițu I.* și colab., 1990)

Elemente	Amendamente	
	nu	da
Zinc	20,6	16,9
Mangan	465,0	263,0
Cadmiu	1,2	0,6

Nămolul de la epurarea apelor uzate, trata cu var, conține compuși ușor solubili ai metalelor grele în cantități mai mici decât cel netratat (tab. 10.23).

Molibdenul și cromul pot forma însă săruri solubile și în mediu alcalin. În vase de vegetație, mazărea a absorbit mai mult crom din solul amendat cu calciu (tab. 10.24). Materia organică din sol formează cu metalele grele compuși greu accesibili pentru plante. Astfel, plumbul este fixat sub formă de chelați inaccesibili plantelor. Plantele de raigras italian cultivate pe sol fertilizat cu nămol care conținea metale grele au acumulat mai puțin zinc, cupru, cadmiu sau nichel față de cele cultivate pe sol fertilizat cu săruri minerale care conțineau același element. În consecință, pentru ameliorarea terenurilor poluate cu metale grele se recomandă aplicarea de îngrășăminte organice, cum ar fi gunoiul de grajd sau compostul nepoluat cu metale grele.

Tabelul 10.23

Conținutul de metale grele în nămolul apelor uzate (mg/kg s.u.) (după *Nițu I.* și colab., 1990)

Tehnologia de uscare	Zn	Mn	Cu	Co	Cr	Pb	Cd	Ni
Cu var	1460	1700	1550	1,75	3100	125	4,5	300
Fără var	3000	1900	1650	1,38	3400	170	5,0	385

Scanned with OKEN Scanner

Îngrăşămintele fosfatice aplicate culturilor de ovăz şi lucernă pe un sol nisipos sau nisipo-lutos au redus mult cantitatea de plumb acumulat în aceste plante (tab. 10.25). Aceasta se datorează formării unor compuşi greu solubili, cum ar fi $Pb_3(PO_4)_2$.

Tabelul 10.24

Translocarea cromului din solul acid şi cel amendat calcic în plantele de mazăre (după *Niţu I.* şi colab., 1990)

Fertilizare	Săruri de crom (mg/kg sol)	Amendament calcic	Conţinutul în crom	
			plantă (mg/kg s.u.)	sol (mg/kg)
NPK	Martor	-	0,6	urme
	5	-	1,0	1,3
	10	-	1,8	1,5
	15	-	0,9	2,8
NPK	Martor	amendat	0,6	1,0
	5	amendat	4,0	1,7
	10	amendat	4,6	3,0
	15	amendat	3,8	3,8

Tabelul 10.25

Conţinutul de plumb (mg/kg s.u.) în plantele de ovăz şi lucernă în funcţie de textura solului, gradul său de poluare şi de îngrăşămintele aplicate (după *Niţu I.* şi colab., 1990)

Varianta	Conţinutul de plumb în sol	Ovăz		Lucernă
		boabe	paie	
Sol nisipo-lutos				
Fără îngrăşământ	100	-	6,2	2,5
	500	6,5	23,6	27,6
	1000	8,0	49,6	54,8
Fosfor 500 ppm	100	1,3	0,6	3,4
	500	2,4	7,1	15,1
	1000	2,7	11,5	25,7
Sol nisipos				
Fără îngrăşământ	100	1,4	5,9	6,0
	500	8,1	31,4	45,2
	1000	17,7	86,5	357,8
Fosfor 500 ppm	100	-	1,0	7,4
	500	2,2	11,2	47,9
	1000	7,6	25,0	143,1

Pentru îndepărtarea metalelor grele din stratul de sol explorat de rădăcini se pot aplica lucrări de desfundare, îngropând în adâncime stratul superficial de sol

Scanned with OKEN Scanner

poluat. Această lucrare dă rezultate numai după încetarea procesului de poluare a solului, de exemplu, prin introducerea unor filtre care reţin poluanţii din apele uzate de la întreprinderile din zonele respective. Tot pentru depoluarea solului se poate amenaja o reţea de drenuri şi prin udări de spălare se îndepărtează metalele grele. Adăugarea în apa de spălare a unor săruri de $FeCl_2$, $CaCl_2$, KNO_3 etc, măresc solubilitatea compuşilor care conţin metale grele şi înlesnesc îndepărtarea lor (tab. 10.26). În continuare, se aplică îngrăşăminte minerale şi organice pentru a spori conţinutul solului în elemente nutritive. Pentru a evita poluarea cu metale grele a produselor vegetale care se folosesc direct în alimentaţie, se cultivă plante textile (in şi cânepă) sau producătoare de materii prime pentru industrie (cartof, sfeclă pentru zahăr).

Tabelul 10.26

Conţinutul de metale grele în nămolul apelor uzate (mg/kg s.u.)
(după *Niţu I.* şi colab., 1990)

Element extras	0,2 n soluţie (1 : 5)				
	KCl	KNO_3	$CaCl_2$	$Ca(NO_3)_2$	$FeCl_3 \cdot 6\ H_2O$
Cu	2,7	1,8	1,5	1,3	60,0
Zn	4,0	3,2	1,0	8,5	40,0
Ni	-	-	10,0	10,0	70,0
Cd	5,5	3,5	16,7	2,7	21,0
Mn	-	-	-	-	81,0
Cr	0,5	1,5	2,0	2,0	122,0

Conţinutul ridicat în apă al solului măreşte accesibilitatea metalelor grele pentru plante, formându-se compuşi uşor solubili. De aceea, se recomandă afânarea periodică a solurilor cu drenaj deficitar.

10.3 Terenuri poluate cu ţiţei şi apă sărată

Apele saline de zăcământ de la schelele de producţie petrolieră aveau, în anul 1994, următoarea compoziţie: $NaCl$ - 87,8 %, $MgCl_2$ - 4,6 %, $CaSO_4$ - 0,8 %, $Ca(KCO_3)_2$ - 0,09 % (*Nicolescu C.* şi colab., 1996). Această apă sărată precum şi nămolul de sondă, ţiţeiul şi petrolul provenit de la defectarea unor conducte de transport, provoacă degradarea solului şi dispariţia totală a vegetaţiei din zonele respective.

Pentru ameliorarea şi recuperarea acestor terenuri trebuie să se efectueze studii pedologice care să indice suprafaţa şi intensitatea poluării, natura sărurilor, adâncimea apei freatice etc. Pe terenurile slab şi moderat poluate se pot obţine rezultate bune în urma mobilizării energice a solului prin scarificare, arături adânci şi discuiri repetate. La Pădureşti, jud. Argeş, pe un sol brun luvic poluat cu petrol, scarificarea şi arătura au sporit recolta de ovăz cu 87 % (tab. 10.27). Au dat rezultate bune îngrăşămintele, în general, şi în special cele cu azot care,

Scanned with OKEN Scanner

au stimulat activitatea microorganismelor şi descompunerea hidrocarburilor (*Ispas Şt.* şi colab., 1994).

Tabelul 10.27

Influenţa lucrărilor solului şi a îngrăşămintelor asupra producţiei de ovăz pe un sol brun luvic poluat cu petrol şi apă sărată la Pădureşti, jud. Argeş (după *Niţu I.* şi colab., 1990)

Lucrările solului	Îngrăşăminte		Producţia (q/ha)	Diferenţa	
	Gunoi (t/ha)	N (kg/ha s.a.)		(q/ha)	(%)
Arat	0	0	6,1	-	100
		150	8,2	2,1	134
		300	10,9	4,8	178
	100	0	8,3	2,2	136
		150	14,2	8,1	232
		300	17,2	11,1	281
	200	0	9,4	3,3	154
		150	15,3	9,2	250
		300	19,4	13,3	318
Arat + scarificat	0	0	8,4	2,3	187
		150	16,4	10,3	268
		300	19,8	13,7	324
	100	0	10,2	4,1	167
		150	15,5	9,4	254
		300	23,8	17,7	390
	200	0	12,6	6,5	206
		150	20,2	14,1	331
		300	31,4	25,3	414
Scarificat	0	0	7,4	1,3	121
		150	14,3	8,2	234
		300	18,8	12,7	308
	100	0	9,4	3,3	154
		150	16,3	10,2	267
		300	19,4	13,3	318
	200	0	11,3	5,2	185
		150	16,4	10,3	268
		300	23,1	17,0	378

Pentru îndepărtarea excesului de săruri trebuie să se amenajeze o reţea de drenaj şi să se aplice udări de spălare. Lucrarea este greu de realizat pentru că suprafeţele de teren poluat se prezintă adesea sub formă de fâşii sau insule pe teren denivelat. În zona Videle - Poieni, jud. Teleorman, pe un sol vertic poluat cu apă salină de zăcământ şi ţiţei brut, s-au obţinut rezultate satisfăcătoare prin nivelarea, afânarea şi scarificarea solului până la 60 cm adâncime, aplicarea udărilor de spălare urmate de fertilizare. S-au folosit drenuri din material plastic riflat, cu diametrul de 80 mm, pozate la adâncimea de 90 cm şi amplasate la distanţe de 11 m.

Scanned with OKEN Scanner

La aplicarea udărilor de spălare, odată cu apa drenată au fost eliminate din sol cantități de 16 - 574 kg/ha SO_4, 559 - 2430 kg/ha *Cl* ș.a. (tab. 10.28) la o normă de spălare de 600 mm. S-a redus evident conținutul în săruri a stratului de sol afânat. Poluarea solului cu uraniu provenit din țiței s-a redus, prin aplicarea udărilor de spălare, sub limita maximă admisă (*Nicolescu C.* și colab., 2002).

Tabelul 10.28

Cantitatea de săruri (kg/ha) îndepărtate dintr-un sol poluat cu țiței și apă sărată la aplicarea udărilor de spălare (1992 - 1993) (după *Păltineanu Cr.* și colab., 1995)

Reziduu salin (ppm)	SO_4	*Cl*	*Ca*	*Mg*	*Na*	*K*
4040	558	2125	168	66	1281	0,2
4423	574	2430	184	107	1366	0,5
448	16	559	33	24	232	-

S-a dovedit potrivită fertilizarea cu doze mari de gunoi de grajd (75 - 200 t/ha) aplicat o dată la 3 ani, îngrășăminte chimice și fosfogips (8 - 10 t/ha). În experiențele de la Pădureşti, jud. Argeș, lucrările solului și îngrășămintele au sporit de cinci ori producția de ovăz (tab. 10.27). Pentru valorificarea acestor terenuri se însămânțează la început culturi tolerante, cum ar fi ierburile perene, sorgul, meiul ș.a. Solurile poluate numai cu țiței, fără apă sărată, se pot decoperta dar acțiunea este foarte costisitoare.

Se caută, pe plan mondial, solvenți organici care să neutralizeze reziduurile petrolifere și să înlesnească îndepărtarea lor. De asemenea, se încearcă folosirea unor microorganisme (bacterii) consumatoare de hidrocarburi, care să curețe solul.

În general, este necesar să se ia toate măsurile pentru a evita sau a reduce la minim poluarea solului cu țiței și apă sărată căci recuperarea acestor terenuri este foarte costisitoare și de lungă durată.

10.4 Terenuri mlăştinoase

Pentru transformarea unor terenuri cu exces de apă în soluri fertile trebuie să se execute lucrări de desecare, drenaj, îndiguiri etc, precum și o serie de măsuri pentru înlăturarea obstacolelor (arbori, pietre, mușuroaie ș.a.) și nivelare, lucrări agrotehnice de afânare a solului și buna lui aerisire, după cum s-a arătat în capitolul 7.

Rezervația biosferei Delta Dunării cuprinde lacuri, bălți, grinduri și terenuri cu exces de umiditate pe o suprafață totală de 440.000 ha. Aici se întâlnesc terenuri mlăștinoase precum și condiții favorabile pentru cultura stufului.

Stuful recoltat înainte de înspicare conține 5 - 7 % albumine digestibile și se poate întrebuința în hrana animalelor (taurine și ovine), având o valoare nutritivă ceva mai ridicată decât paiele de grâu.

Datorită conținutului ridicat în celuloză al tulpinilor (circa 40 %) principala întrebuințare a stufului este ca materie primă pentru fabricarea celulozei, înlocuind

Scanned with OKEN Scanner

în acest caz lemnul de răşinoase. Utilizarea în acest mod a stufului prezintă unele avantaje:

- ✓ fiind plantă perenă îşi reface în fiecare an tulpinile aeriene;
- ✓ dă producţii anuale mai mari decât molidul, fagul etc şi depăşeşte de 4 - 5 ori producţia de paie a cerealelor pe aceeaşi unitate de suprafaţă;
- ✓ terenurile ocupate de stuf nu pot fi valorificate mai economic în alt mod.

Stuful îşi găseşte întrebuinţare şi în construcţii, drept combustibil etc. reziduurile rămase de la industria celulozei, precum şi rizomii se pot întrebuinţa ca materie primă pentru prepararea drojdiei furajere, alcoolului, furfurolului, amidonului etc. Rizomii de stuf uscaţi conţin, în medie, 10 % amidon. Amidonul din rizomii tineri este foarte fin şi se întrebuinţează în industria farmaceutică. Cenuşa rezultată din arderea stufului are un conţinut ridicat în fosfor, mangan, potasiu, calciu etc şi reprezintă un valoros îngrăşământ.

Stuful este o plantă acvatică, vivace, răspândită în emisfera nordică până la paralela de 69 ° şi până la altitudinea de 1900 m în Europa. În ţara noastră, stuful se găseşte, în special, în delta şi lunca inundabilă a Dunării, ocupând o suprafaţă de aproximativ 350.000 ha (din care 270.000 ha în deltă, circa 57,6 % din suprafaţa deltei). Stufăriile din Delta Dunării sunt cele mai întinse şi mai compacte din lume (fig. 10.3).

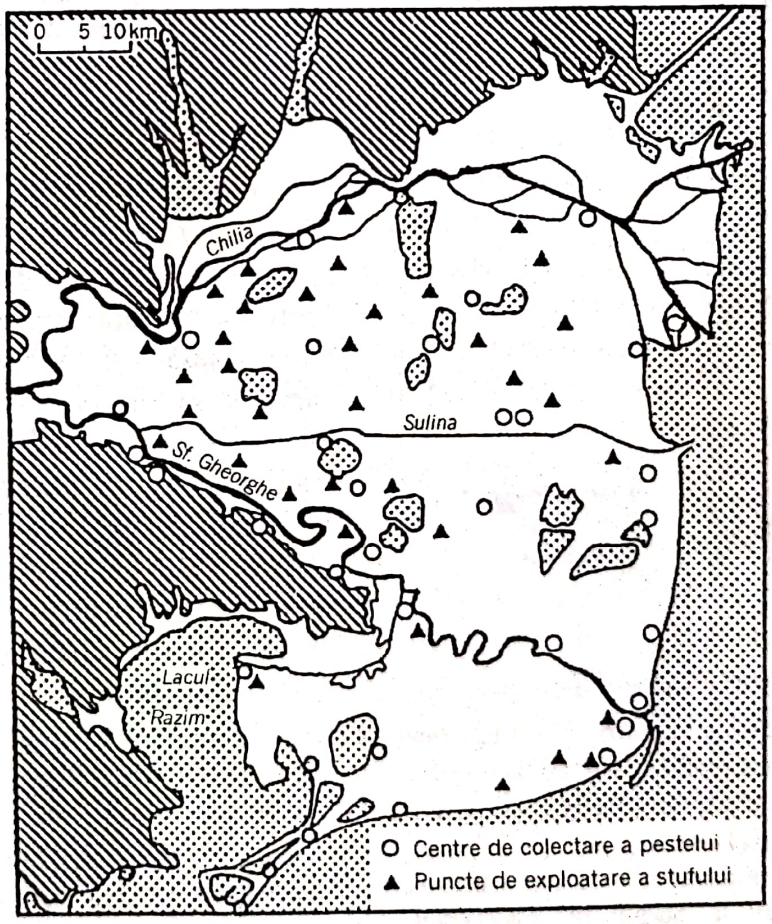


Fig. 10.3 Modul de exploatare a Deltei Dunării (după *Romanescu Gh.*, 2001)

Scanned with OKEN Scanner

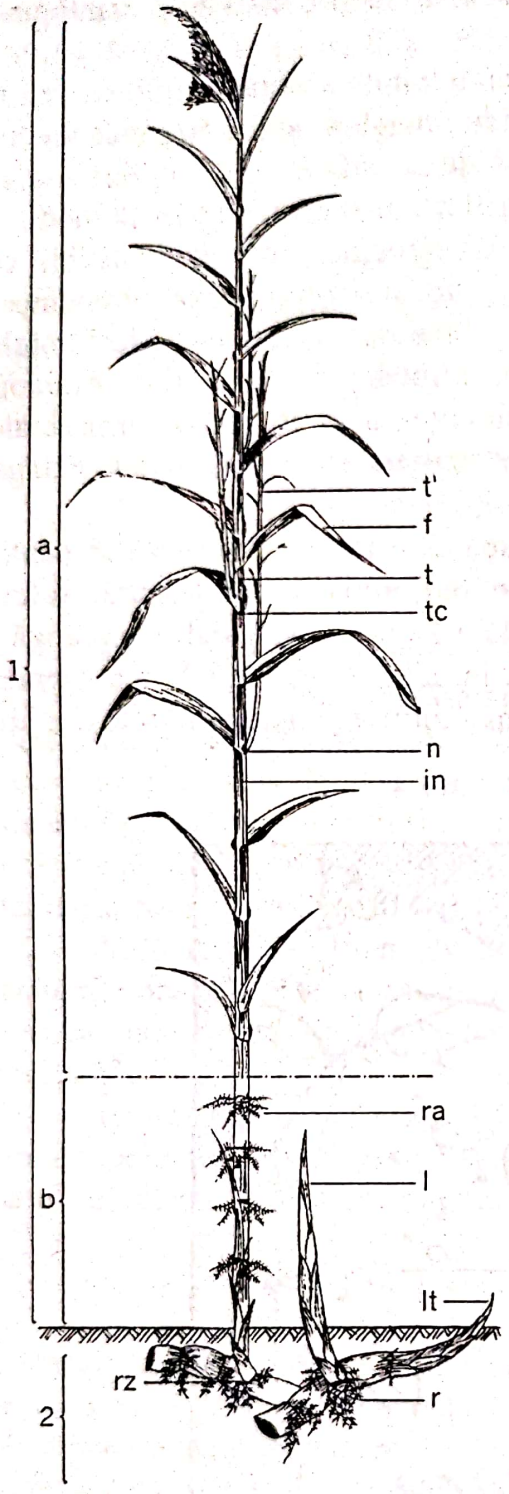


Fig. 10.4 Stuful (aspectul plantei)

1 - lungimea reală a tulpinii; a - lungimea aparentă a tulpinii (partea aeriană); b - partea submersă a tulpinii; 2 - partea subterană a tulpinii; i - inflorescența; t - tulpina; t' - tulpina secundară; f - limbul frunzei; tc - teaca frunzei; n - nodul; in - internodul; ra - rădăcini adventive; l - lăstar; lt - lăstar terminal; r - rădăcini subterane; rz - rizom

Stuful comun (*Phragmites communis*) aparține familiei *Gramineae* şi are o parte subterană subacvatică, formată din rizomi şi rădăcini adventive, precum şi tulpini aeriene cu frunze, flori şi fructe.

Rizomii sunt tulpini subterane formate din noduri şi internoduri, foarte ramificate, având lungimea de 3 - 10 m şi grosimea de 30 - 50 cm şi formează o pâslă groasă de 1,0 - 1,8 m. Într-o secțiune prin rizomul de stuf se observă canale mari, pline cu aer. Rizomii pot pătrunde în sol până la 1,5 - 1,8 m şi absorb substanțele nutritive din adâncime. La construirea digurilor de pământ trebuie avut în vedere faptul că rizomii se păstrează bine şi nu putrezesc cât timp nu vin în contact cu aerul. Din nodurile rizomilor pornesc rădăcini puternic ramificate şi lăstari care formează tulpini aeriene. Se pot distinge lăstari de primăvară care cresc până toamna formând recolta de tulpini, precum şi lăstari de vară, de toamnă şi de iarnă, care au o viață scurtă şi nu prezintă importanță. În fiecare an tulpinile aeriene se formează de la alt nod.

Tulpina aeriană este formată din noduri şi internoduri goale la interior şi numai cele din vârful tulpinii conțin un țesut medular care se resoarbe. Creşterea internodurilor se face pe seama țesuturilor de creştere, situate la baza fiecărui internod. La plantele mature, tulpina conține 25 - 36 de internoduri şi ajunge la înălțimea de 4 - 5 m în decurs de numai 4 - 5 luni. Diametrul tulpinii la bază ajunge la 1 - 2 cm iar greutatea 100 g. Grosimea tulpinii este invers proporțională cu

Scanned with OKEN Scanner

densitatea, care variază de la 20 la 150 fire/m^2 (*Zamfirescu N.* şi colab., 1960). De la nodurile inferioare ale tulpinii se formează rădăcini adventive iar în cazul tulpinilor culcate de vânt rădăcinile se pot forma şi de la nodurile superioare. Tot de la noduri pornesc ramificaţii ale tulpinii sau tulpini secundare la baza tulpinii, ca şi în rizomi, se găsesc canale pline cu aer. Fibrele care interesează în fabricarea hârtiei provin din sclerenchimul tulpinii şi au grosimea medie de 15 microni (6 - 37 microni) şi o lungime de 1,5 mm (0,5 - 3,35 mm). Din punct de vedere al lungimii, fibrele de stuf sunt depăşite de cele de molid şi brad dar sunt mai bune decât cele de fag, mesteacăn, plop, paie de grâu.

Frunzele sunt alterne, mari, având lăţimea limbului de 3 - 5 cm şi lungimea 45 cm. Şi în interiorul frunzelor se găsesc canale aerifere. Planta formează 2 - 3 frunze sub nivelul apei şi 23 - 27 frunze deasupra apei.

Inflorescenţa este un panicul cu axul principal lung până la 50 cm, de culoare brună violacee şi cuprinde circa 10.000 de flori grupate câte 3 - 6 într-un spiculeţ şi înconjurate de perişori lungi (fig. 10.4). Florile de la baza inflorescenţei sunt unisexuat mascule iar cele de la mijloc şi vârf sunt hermafrodite florile sunt organizate ca şi la celelalte graminee. În condiţiile climatice din ţara noastră înflorirea stufului se produce în lunile iulie - august.

Fructele sunt cariopse mici cu MMB = 0,1 - 0,4 g, de culoare brună, purtate de vânt împreună cu spiculeţele la distanţe mari.

Particularităţile biologice ale stufului se concretizează în ciclul biologic care cuprinde o perioadă activă şi alta de repaus. În perioada activă, care durează 180 - 210 zile, plantele îşi formează lăstari şi tulpini aeriene iar în perioada de repaus, care durează 150 - 180 zile, planta îşi desfăşoară procesele metabolice la un nivel scăzut în organele subterane sau subacvatice. Mugurele tânăr de stuf (suliga) se formează din toamnă şi îşi începe creşterea în timpul iernii, când străbate încet solul, ajunge la suprafaţă şi primăvara, când temperatura este favorabilă îşi continuă creşterea, formând tulpinile aeriene. Acestea cresc până în luna iulie, formând frunzele şi inflorescenţa, apoi până toamna se acumulează substanţele nutritive în rizomi. Pe măsura îmbătrânirii lor, rizomii formează ramificaţii tinere, aşa încât, în condiţii favorabile stufuł se poate menţine pe acelaşi loc sute de ani. Planta de stuf este adaptată să trăiască în apă şi de aceea formează frunze de apă şi de aer, iar rizomii sunt acoperiţi cu o cuticulă impermeabilă pentru lichide şi gaze şi acestea pot pătrunde numai prin rădăcini şi tulpină (frunze). Stuful a pierdut capacitatea de a-şi închide stomatele şi pe timp călduros pierde prin transpiraţie cantităţi foarte mari de apă pe care şi-o procură prin rădăcini şi prin frunzele de apă care au organe speciale pentru absorbţia apei (hidropate). Din masivul de stuf se detaşează adesea insule plutitoare de rizomi, cu o grosime de 1,3 - 1,5 m, acoperite cu mâl, resturi de plante etc cunoscute sub denumirea de plaur (fig. 10.5). În Delta Dunării, aceste formaţiuni ocupă suprafeţe întinse şi compacte (30.000 ha). De la plaur se poate folosi stuful - care este de calitate foarte bună - şi rizomii. Plaurul împiedică circulaţia normală a apei şi navigaţia.

În Delta Dunării se pot întâlni trei tipuri de plaur (fig. 10.6):

- ✓ plaur plutitor - care pluteşte tot timpul;

Scanned with OKEN Scanner

✓ plaur semicolmatat - care plutește numai în timpul inundațiilor iar în restul timpului se așează la fund;

✓ plaur colmatat - care s-a așezat la fund și nu se mai deplasează.

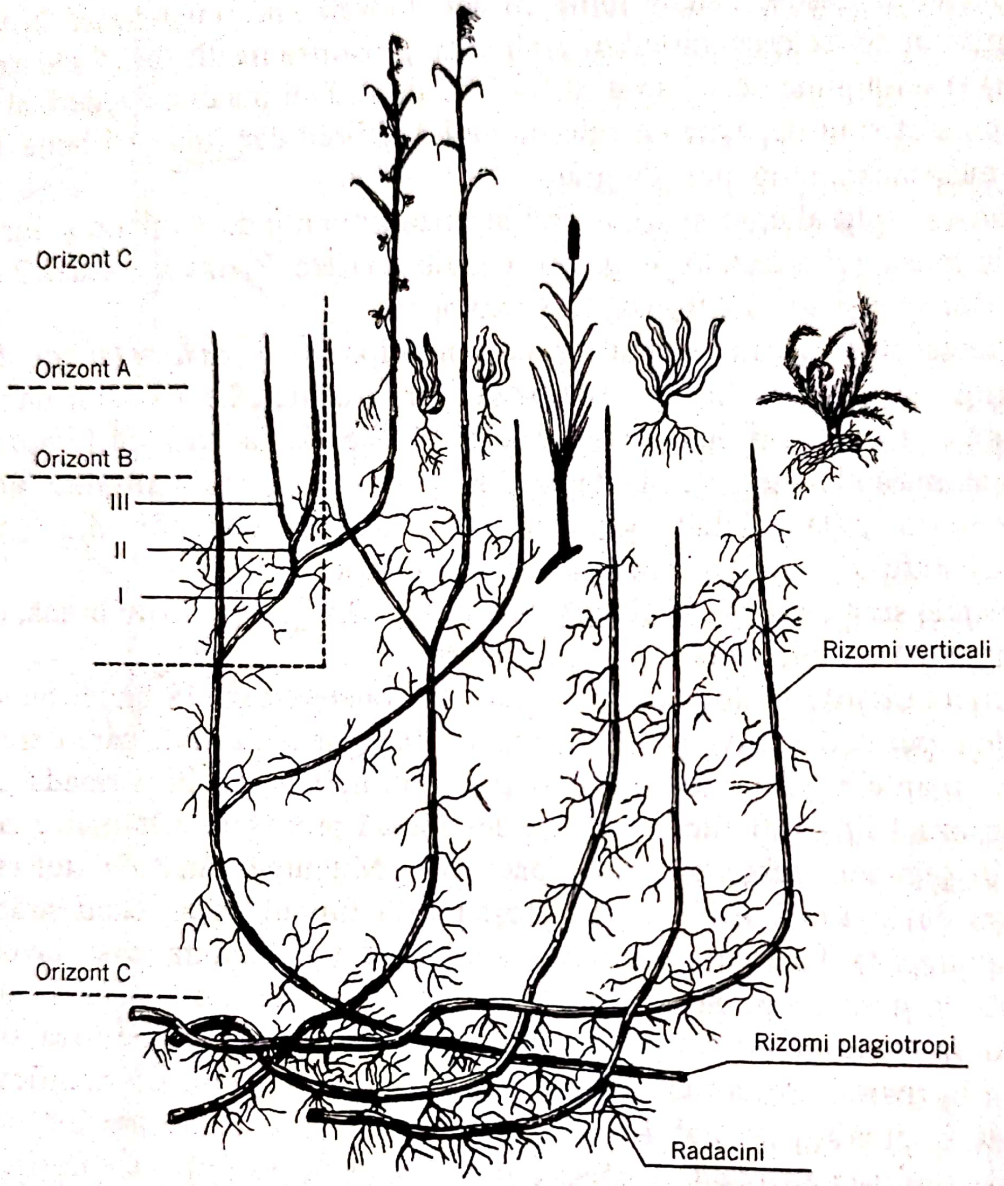


Fig. 10.5 Profil printr-un plaur (după *Șioldrea V.*, 1961)

Stuful îndeplinește și un rol important în echilibrul natural al Deltei căci reține particulele solide purtate de ape și împiedică colmatarea lacurilor cu aluviuni. Prin formarea masei de rizomi și tulpini, stuful readuce din adâncime, către suprafață, sărurile minerale spălate de apele de infiltrație. Zonele de mal cu stufării oferă peștilor, în lunile calde de vară, un refugiu cu apă mai rece, cu mai mult oxigen, salvându-i adesea de la asfixiere. În timpul furtunilor mari peștii își găsesc refugiu în zona stufăriilor.

Cu privire la condițiile de vegetație, pentru a se dezvolta bine stuful reclamă, de la lăstărire până la maturitate, o cantitate de căldură de 2800 - 3000 ° C. Iernile geroase și prelungite sunt nepotrivite pentru stuf.

Scanned with OKEN Scanner

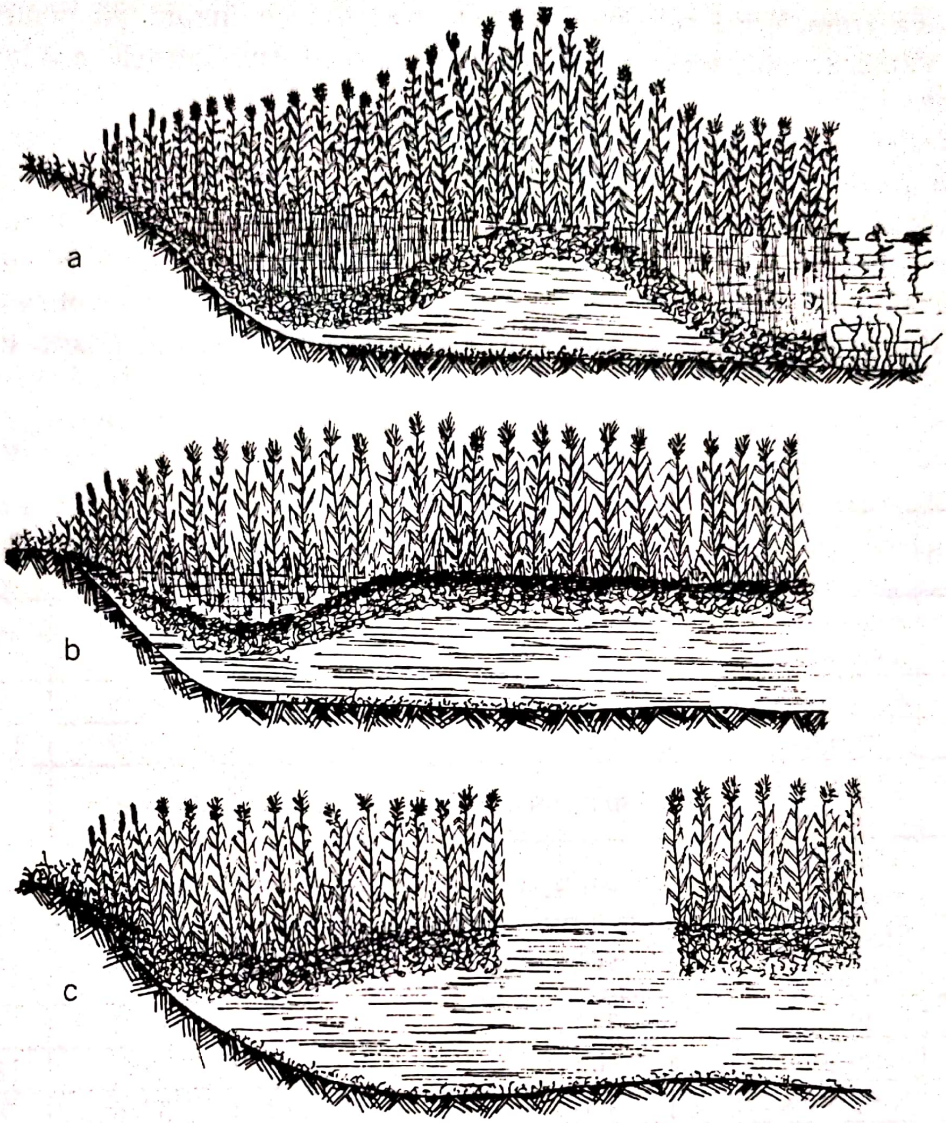


Fig. 10.6 Schema formării plaurului în Delta Dunării (după *Rudescu L.* şi colab., 1965)
a - ridicarea fundului stufăriilor prin pungi de gaze; b - ridicarea plaurului la suprafaţa apei; c - formarea plaurului plutitor prin rupere

Această plantă găseşte condiţii favorabile de creştere în prejma apelor stătătoare sau lin curgătoare, cu fundul format din nămoluri fine, amestecate cu humus şi substanţe organice descompuse. Dă rezultate bune când este inundat în perioada de creştere (aprilie - septembrie) şi stratul de apă nu este mai mic de 0,5 m sau mai gros de 1,6 m. Consumul de apă este foarte mare, ajungând la 1,5 m^3 la 1 m^2 de stufărie în cursul perioadei de vegetaţie. Este potrivită apa care se mişcă lent, cu o viteză ce nu depăşeşte 0,2 m/s. Apele care conţin substanţe cu acţiune toxică, cum ar fi sulfaţi, nitriţi, hidrogen sulfurat etc nu sunt potrivite. Apele cu un conţinut în săruri mai mare de 6 g/l împiedică creşterea stufului. Prezintă importanţă pentru această plantă, retragerea apei în timpul toamnei şi a iernii pentru aerisirea mai bună a solului. Blocurile de gheaţă, purtate de ape în perioadele de dezgheţ sau zăpezile mari din timpul iernii produc pagube.

Scanned with OKEN Scanner

Umiditatea atmosferică ridicată, de peste 65 %, este favorabilă pentru această plantă. Vânturile puternice şi grindina sunt dăunătoare, întrucât produc ruperea tulpinilor.

În Delta Dunării se întâlnesc condiţii diferite în ceea ce priveşte solul (nisip, mlaştină, plaur etc), nivelul apei, conţinutul apei în săruri (dulce, sărată) etc şi aceste condiţii de mediu determină modificarea anumitor însuşiri ale stufului (înălţime, grosime etc). Aceste spaţii cu însuşiri specifice poartă numele de biotopi. Se pot distinge în Delta Dunării zece biotopi, cu caracteristicile notate în tabelul 10.29. Diferitele categorii de stuf care cresc în aceşti biotopi poartă numele de biotipi.

Tabelul 10.29

Caracteristicile biotopilor din Delta Dunării

Biotop	Textură	Conţinutul solului în apă	Alimentarea cu apă	Nivelul apei (hidrograde)	Producţia (t/ha)
I	Argilo-nisipos, nisipo-argilos	uscat	apă freatică la mică adâncime	5 - 7	3 - 5
II	Argilo-nămolos	uscat	inundabil	3 - 5	7 - 8
III	Turbo-hunifer	uscat	inundabil	2 - 4	12 - 15
IV	Nămolos cu resturi organice	mlăştinos	inundabil des	2 - 3	10 - 15
V	Nămolos cu resturi organice	sub apă	inundat permanent	1 - 3	14 - 15
VI	Plaur fixat sau plutitor	sub apă	sub apă sau plutitor	0 - 2	18 - 20
VII	Plaur fixat	sub apă	sub apă	1 - 3	18 - 20
VIII	Plaur plutitor	sub apă	plutitor	0	18 - 20
IX	Nisipo-cochilifer	sub apă	sub apă dulce	3 - 6	9 - 10
X	Nisipo-nămolos	sub apă	sub apă sălcie (sărată)	3 - 5	5 - 7

S-au făcut încercări de înmulţire a stufului pe cale vegetativă şi sexuată. Înmulţirea pe cale vegetativă se poate realiza prin plantarea unor bucăţi de pâslă de rizomi, împreună cu sol, în nişte gropi, la distanţă de 5 - 10 m una de alta şi sub un strat de apă de 10 - 20 cm grosime. Lucrarea se execută în lunile februarie, martie sau aprilie, când mugurii sunt încă mici.

Tot pentru înmulţirea stufului se pot planta bucăţi de plaur tăiate în aşa fel încât rizomii să fie secţionaţi cât mai puţin. Aceste bucăţi de plaur se transportă împreună cu pământul lor şi se aşează în gropi special săpate, acoperindu-le cu un strat subţire de apă. Rezultate bune se obţin şi la folosire bucăţilor de rizomi capabile să lăstărească, care se plantează în cel mult 24 de ore după recoltare, la distanţă de 20 - 50 cm şi la adâncimea de 20 - 30 cm. Pe locurile unde adâncimea apei nu depăşeşte 1 m se pot planta tulpini a căror înălţime nu depăşeşte 1,2 - 1,5 m şi poartă 2 - 3 frunze bine dezvoltate. Lucrarea se face în lunile mai - iunie, tăindu-se tulpinile de sub nivelul unui nod, ţinându-le 4 - 6 zile în apă şi apoi se înfig în

Scanned with OKEN Scanner

pământ la distanță de 70 - 80 cm și la adâncimea de 10 - 20 cm, așa încât frunzele să rămână deasupra apei. Până toamna planta formează rădăcini din nodul inferior, apoi un mic rizom și în anii următori noi tulpini aeriene, formându-se o tufă de stuf cu 8 - 14 fire.

La înmulțirea pe cale sexuată se întrebuințează fie semințe, fie panicule întregi. Pentru germinare, semințele cer lumină, căldură și un strat subțire de apă de câțiva milimetri și abia în anul al patrulea sau al cincilea plantele ajung la înălțimea normală (3,0 - 3,5 m). semințele sau spiculețele de stuf se pot însămânța primăvara cu ajutorul avionului în nămolul mlaștinilor fără apă iar până toamna plantele ajung la înălțimea de 70 - 80 cm și formează rizomi până la adâncimea de 25 - 35 cm. Primăvara, aceste plante se scot cu tot cu pământ și se transplantează pe un loc unde nivelul apei nu depășește 40 - 60 cm, obținându-se astfel, noi plantații.

S-a încercat să se înmulțească la noi în țară stuful italian *Arundo donax*,care este mai productiv și dă o materie primă de calitate mai bună, dar planta nu are în tulpină și rizomi canale aerifere bine dezvoltate, nu suportă inundarea o perioadă mai lungă de 15 zile și nu găsește condiții bune de vegetație în toate regiunile din deltă.

Pentru a se asigura producții mari și constante, în amenajările stuficole trebuie să se mențină nivelul apei între 0,5 și 1,5 m, să se împrospăteze apele, printr-un curent lin de maximum 0,2 cm/s, să se aplice solului săruri minerale, să se evite inundațiile, să se îngrijească și să se recolteze la timp stuful etc. pentru aceasta, trebuie să se facă unele lucrări de amenajare, cum ar fi:

- ✓ îndiguiri pe linia de centură a unității, cu scopul de a menține apa la un nivel favorabil dezvoltării stufului și evacuarea apei în perioada toamnă - iarnă;
- ✓ amenajarea unei rețele de canale care să permită alimentarea cu apă proaspătă și evacuarea apei, când este necesar;
- ✓ construirea unor stăvilare pentru a comanda intrarea și ieșirea apelor de inundare și menținerea stratului de apă la un anumit nivel;
- ✓ construirea de platforme ferite de inundații, pe care se depozitează stuful la recoltare etc.

În urma aplicării acestor amenajări, în ostrovul Maliuc și în alte localități din deltă, înălțimea tulpinilor de stuf a crescut de la 1,9 la 4,0 m, grosimea de la 6,5 la 15,0 mm iar producția de la 3 - 4 t/ha la 18 t/ha (*Rudescu L.* și colab., 1965).

Lucrările de îngrijire constau în îndepărtarea generațiilor vechi de stuf, prin defrișare sau ardere, pentru a împiedica degenerarea și scăderea producției. Defrișarea sau culcarea stufului se face în terenurile acoperite de apă, unde plantele nu pot arde. Defrișarea se poate face manual, cu ajutorul bărcilor, scoțând plantele la margine, unde se usucă și apoi se ard. Defrișarea se mai poate face manual sau mecanic, lăsând plantele pe loc. De asemenea, se mai poate face culcarea plantelor fără a le îndepărta dar nu se obțin rezultate bune pentru că plantele rămânând pe loc, împiedică regenerarea celorlalte. Arderea stufului se poate face, în mod obișnuit, cu motorină sau cu ajutorul aruncătoarelor de flăcări. Arderea obișnuită se face pe terenul uscat sau înghețat, când umiditatea stufului nu depășește 15 %, umiditatea aerului este sub 60 % și vântul este slab. Pe terenuri cu stratul de apă

Scanned with OKEN Scanner

gros de 30 - 40 cm arderea stufului se poate face cu motorină iar la o grosime a stratului de apă de 1 m arderea se face bine utilizând aruncătoarele de flăcări. Această operație se execută bine în timpul iernii.

Din arderea unei mase de tulpini de circa 15 t/ha se obține o cantitate de aproximativ 750 kg cenușă, care aduce în sol și în apă următoarele cantități de macroelemente: 18 kg P_2O_5; 5 kg N, 4,2 kg Mn, 18 kg K_2O etc. Sporul de recoltă obținut la stuf în anul următor, datorită cenușii, se ridică la 40 %. Masa mare de tulpini și apele de inundație fac să se consume din sol cantități însemnate de substanțe nutritive și de aceea, îngrășămintele azotate, fosfatice și potasice dau rezultate bune când sunt aplicate în stufării și proporția lor depinde de fertilitatea solului și conținutul în săruri al apei. Îngrășămintele se aplică în trei reprize: o treime înaintea inundării de primăvară, o treime în timpul inundării iar restul la sfârșitul lunii mai, începutul lunii iunie. Au dat rezultate bune îngrășămintele foliare complexe ICPA 622 și ICPA 623 care poluează mai puțin apa și solul.

Odată cu ajungerea la maturitate a semințelor se usucă și tulpinile, astfel că în cursul lunii septembrie devin bune de recoltat. Dacă nu se recoltează la timp, tulpinile sunt rupte de vânturi și ploi, cad, se încâlcesc și împiedică creșterea noilor tulpini. Pentru a grăbi uscare stufului se poate face defolierea lui, stropind din avion plantele cu o soluție de ClO_3K (15 - 30 kg/ha) iar prin desecarea făcută pe la sfârșitul lunii octombrie s-a redus umiditatea tulpinilor de stuf de la 35 - 40 % la 20 - 25 %. Recoltarea începe când ajunge la maturitatea tehnică, adică prin septembrie - octombrie și se continuă până prin luna martie. Când stuful este recoltat de verde, pentru a fi folosit în hrana animalelor, se depun puține substanțe de rezervă în rizomi și creșterea lăstarilor în anul următor este înceată. Recoltarea se poate face manual (cu seceri, coase, etc) sau mecanizat, cu mașini special amenajate în acest scop (pe tamburi, pe șenile sau mașini secerătoare transportoare) Tipul de mașini folosite depinde de specificul terenului și anotimp. La folosirea mașinilor de recoltat grele se deteriorează rizomii, aceștia putrezesc și producția de stuf în anii următori poate scădea cu 20 - 80 %. De aceea, utilajele folosite la recoltarea stufului nu trebuie să dezvolte o sarcină mai mare de 100 g/cm^2. Tăierea stufului trebuie să se facă la 20 cm de la suprafața solului.

Transportul stufului la platformele de depozitare se face cu diferite mijloace cum ar fi funicularele, săniile tractate, săniile bărci ș.a.

În general, industria celulozei și a produselor pe bază de celuloză se dezvoltă tot mai mult, pădurile de rășinoase nereușind să satisfacă cerințele de materie primă, știut fiind faptul că lemnul este important și pentru alte folosințe. Stuful poate înlocui cu succes lemnul la fabricarea celulozei dar deocamdată dă producții mici (10 - 15 t/ha). Prin aplicarea măsurilor tehnice corespunzătoare pentru scoaterea stufului de sub domnia forțelor naturii, poate fi îmbunătățită calitatea și cantitatea producției obținute de la această plantă. Odată cu amenajarea terenului pentru creșterea stufului trebuie să se organizeze în Delta Dunării și piscicultura ca o ramură economică importantă și să se păstreze echilibrul biologic și ecologic specific Deltei. De altfel, observațiile efectuate au arătat că pe suprafețele amenajate pentru cultura stufului s-a îmbunătățit și producția piscicolă.

Scanned with OKEN Scanner

10.5 Soluri compactate

Procesul de compactare secundară a solului în stratul arat se datorează trecerii repetate pe aceeaşi parcelă a tractorului împreună cu diferite maşini şi utilaje (fig. 10.7). Gradul de tasare a solului depinde de greutatea şi tipul tractorului, forma şi dimensiunile penurilor (fig. 10.8), conţinutul de argilă, starea de umiditate a solului (fig. 10.9) etc. Pentru calculul gradului de tasare a solului se poate utiliza relaţia 1.17 iar clasele de valori ale gradului de tasare a solului, după *Canarache A.*, sunt menţionate în tabelul 1.33. *Vineş Gh.* (1985) consideră compactate solurile a căror densitate aparentă este mai mare de:

- ✓ 1,50 g/cm^3 → pentru soluri nisipoase şi nisipo-lutoase (sub 12% argilă);
- ✓ 1,40 g/cm^3 → pentru soluri luto-nisipoase şi lutoase (12 - 32 % argilă);
- ✓ 1,30 g/cm^3 → pentru soluri luto-argiloase (32 - 45 % argilă);
- ✓ 1,20 g/cm^3 → pentru soluri pentru soluri argiloase (peste 45 % argilă).

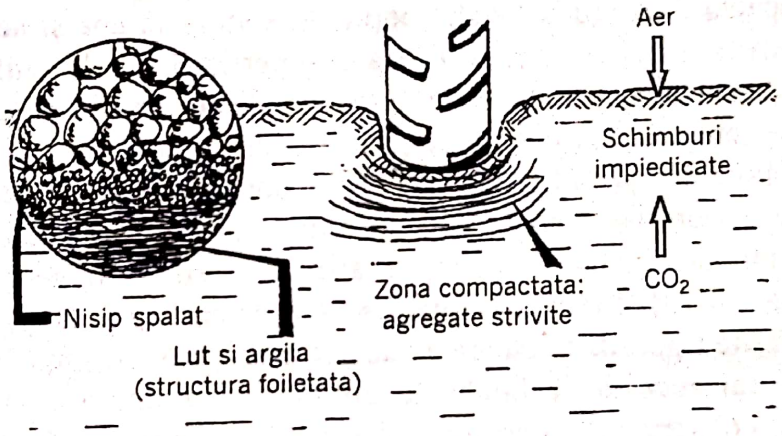


Fig. 10.7 Compactarea solului produsa de maşinile agricole (după *Soltner D.*, 1992)

Solurile moderat tasate ocupă în ţara noastră circa 3.761.000 ha, cele puternic tasate 2.174.000 ha, cele excesiv tasate 556.000 ha iar repartiţia lor pe provincii se prezintă în tabelul 2.14.

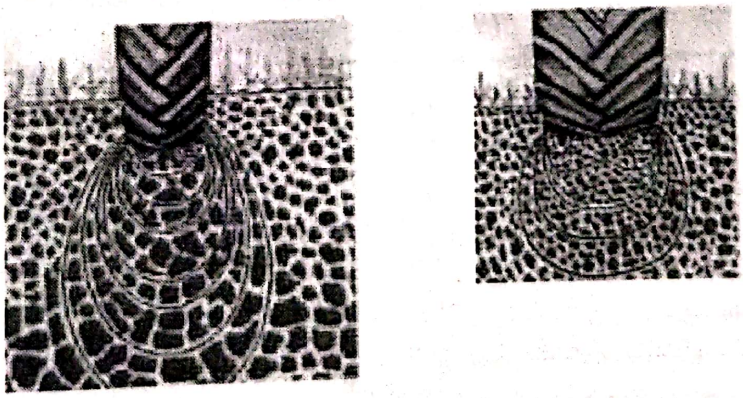


Fig. 10.8 Diferenţierea tasării solului în funcţie de dimensiunile pneurilor

Scanned with OKEN Scanner

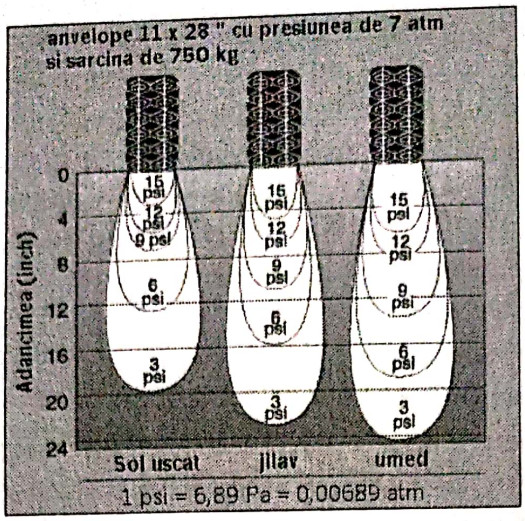


Fig. 10.9 Tasarea solului în funcție de conținutul de apă a acestuia

Prin compactare se reduce mult conținutul solului în apă și aer. La S. C. A. Albota, jud. Argeș, solul tasat avea în stratul superficial (0 - 10 cm) cu 6,8 % mai puțină apă decât solul netasat iar volumul ocupat de aer era în primul caz cu 7,7 % mai redus. Se apreciază că prin compactare se reduce, în medie, cu 10 % capacitatea solului de a reține apa, cu 15 % porozitatea de aerație și cu 40 % permeabilitatea. Datorită compactării se reduce activitatea microbiană din sol (tab. 10.30) iar insuficiența hranei, a apei și aerului împiedică dezvoltarea rădăcinilor (fig. 10.10) și reduc recolta. La SCA Șimnic, jud. Dolj, tasarea solului produsă de diferite tipuri de tractoare a majorat densitatea aparentă de la 1,35 g/cm^3 la 1,62 g/cm^3 iar recolta de boabe la porumb s-a redus aproape la jumătate (tab. 10.31). S-a observat că la creșterea densității aparente cu 0,01 g/cm^3 producția de boabe la porumb scade cu circa 8,5 %, adică 130 kg/ha. Cercetări efectuate la Fundulea au dovedit că pe solul tasat de 3 ori recolta a scăzut față de solul netasat cu 12 % la grâu, 25 % porumb, 35 % la floarea soarelui și 46 % la sfecla pentru zahăr (tab. 10.32).

Tabelul 10.30

Populația microbiană din sol (0 - 7,5 cm) în funcție de tasarea produsă de tractor și mulcire (după *Eliade Gh.* și colab., 1983)

Resturi de porumb (t/ha)	Bacterii (mld/g sol)	Actinomicete (mil/g sol)	Ciuperci (mil/g sol)	Denitrificatori (mii/g sol)	*Nitrosomonas* (mii/g sol)	*Nitrobacter* (mii/g sol)
Sub roți						
0	1,8	5,5	0,36	30	7,4	8,3
7	3,7	5,6	0,37	48	4,1	4,9
14	2,7	5,5	0,38	25	4,7	5,0
Între roți						
0	1,4	4,6	0,33	14	4,9	5,8
7	5,3	9,2	0,53	107	1,5	7,9
14	8,5	11,2	0,63	613	11,7	22,4

Scanned with OKEN Scanner

Se estimează că 5 treceri ale tractorului reduc recolta, datorită compactării, cu 31 % la porumb, 15 % la grâu, 55 % la floarea soarelui iar la 30 de treceri ale tractorului recolta celor trei culturi scade cu 50%, 37 % şi respectiv 80 %. În general se consideră că datorită compactării creşte rezistenţa solului la arat cu 6 până la 10 %, numărul lucrărilor de pregătire a solului cu 8 %, consumul de energie pentru lucrările solului cu 5 % (*Canarache A.*, 1984).

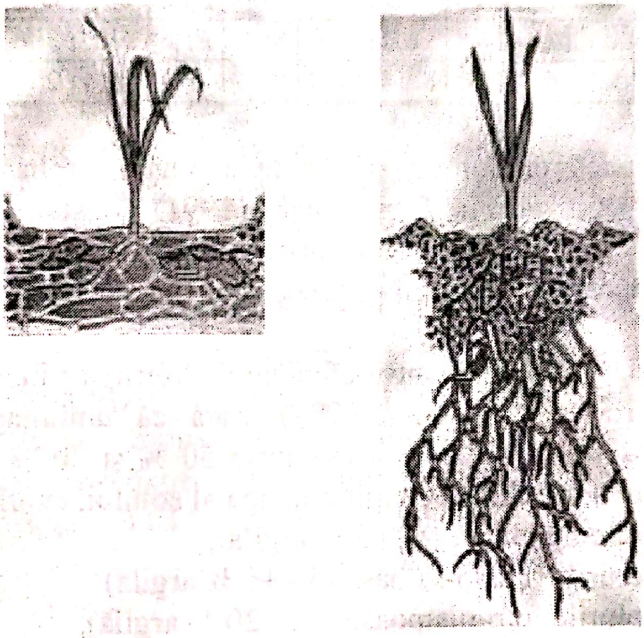


Fig. 10.10 Dezvoltarea sistemului radicular la porumb în soluri tasate şi netasate

Tabelul 10.31

Influenţa diferitelor tipuri de tractor asupra compactării solului la SCA Şimnic, jud. Dolj (după *Canarache A.*, 1984)

Masa tractorului (kg)	Densitatea aparentă (g/cm^3)	Producţia de porumb boabe (q/ha)
Martor netasat	1,35	49
1945	1,47	42
3470	1,52	37
3925	1,59	28
9800	1,62	25

Compactarea artificială se produce, în mod obişnuit, până la adâncimea de 20 - 25 cm şi rar depăşeşte 30 cm. Pentru valorificarea solurilor compactate trebuie să se execute arături la 25 - 30 cm adâncime, precum şi alte lucrări de afânare superficială cu polidiscul, combinatorul cu grapă elicoidală etc dar numai la starea de umiditate corespunzătoare a solului.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 10.32

Influența tasării solului asupra producției unor culturi la Fundulea, jud. Ilfov (1979 - 1982) (după *Sin Gh.*, 1983)

Varianta	Grâu		Porumb		Floarea soarelui		Sfeclă zahăr	
	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%
Netasat	46,5	100	75,5	100	23,4	100	442	100
Tasat o dată	43,8	94,2	65,2	86,4	21,4	91,5	306	69,2
Tasat de 3 ori	41,1	88,4	56,4	74,7	15,3	65,4	237	53,6

Urmărind compactarea solului şi formarea bulgărilor în masa de cartofi la recoltarea mecanizată, *Catargiu D.* şi colab. (1991) constată că lucrările solului executate toamna la umiditate potrivită, produc compactarea mai puțin decât cele făcute primăvara, deoarece înghețul şi dezgheţul din iarnă contribuie la afânarea solului.

Starea optimă de umiditate pentru efectuarea diferitelor lucrări ale solului este notată în tabelul 1.34. *Vineş Gh.* (1985) arată că umiditatea optimă pentru executarea lucrărilor solului este cuprinsă între 50 % şi 70 % din capacitatea de câmp pentru apă sau la următorul conținut în apă al solului, exprimat în % g/g:

- ✓ 2,4 % la solurile nisipoase (sub 5 % argilă);
- ✓ 3 - 10 % la solurile nisipo-lutoase (5 - 12 % argilă);
- ✓ 5 - 12 % la solurile luto-nisipoase (12 - 20 % argilă);
- ✓ 9 - 16 % la solurile lutoase (20 - 32 % argilă);
- ✓ 12 - 19 % la solurile luto-argiloase (32 - 45 % argilă);
- ✓ 16 - 22 % la solurile argiloase (peste 45 % argilă).

Tabelul 10.33

Aprecierea estimativă a posibilităților de încărcare optimă cu animale a pășunilor naturale din România (după *Maruşca T.*, 1983)

Altitudinea (m)	Suprafața de pășuni naturale		Durata medie de păşunat (zile)	Încărcarea medie cu animale (UVM) pe păşune			
				neîmbunătățită		Fertilizată cu 100 kg *N* /ha	
	mii ha	%		UVM/ha	Total mii UVM	UVM/ha	Total mii UVM
peste 2000	44	1,5	55	0,69	30	1,83	81
1501 - 2000	154	5,1	80	0,80	123	2,11	325
1001 - 1500	227	7,5	120	0,78	177	2,17	493
751 - 1000	311	10,3	145	0,67	208	1,84	572
501 - 750	488	16,0	165	0,53	259	1,46	712
251 - 500	819	27,0	155	0,45	369	1,40	1147
101 - 250	606	20,0	125	0,40	242	1,36	824
sub 100	384	17,6	105	0,38	146	1,33	511
Total	3033	100,0	-	-	1554	-	4665
Media	-	-	135	0,51	-	1,54	-

Scanned with OKEN Scanner

La SCA Podu-Iloaiei, jud. Iaşi, pe un cernoziom cambic cu 34 - 36 % argilă şi la o umiditate de 18 - 20 %, arătura efectuată la 20 - 30 cm adâncime a asigurat valori optime pentru densitatea aparentă, rezistenţa la penetrare, porozitatea totală şi stabilitatea hidrică a structurii. La variantele lucrate cu grapa cu discuri sau cizelul, însuşirile fizice ale solului aveau valori inferioare (*Pînzaru D.* şi colab., 1994).

Urmărindu-se compactarea produsă de diferite utilaje pentru prelucrare superficială a arăturii tot pe un cernoziom cambic cu un conţinut în argilă de 42 % şi umiditatea de 10 % s-au obţinut cele mai bune rezultate cu grapa cu discuri plane şi maşina cu cuţite rigide (*Cojocariu P.*, 2001).

Îngrăşămintele organice, cum ar fi compostul, îmbunătăţesc densitatea aparentă şi alte însuşiri ale solului tasate. Într-o experienţă organizată în vase de vegetaţie, la doza de 320 t/ha compost aplicat pe sol brun roşcat tasat, densitatea aparentă a scăzut de la 1,32 g/cm^3 la 1,24 g/cm^3 (*Dumitru Elena* şi colab., 1996).

Pentru a evita compactarea solului pe păşuni, animalele nu trebuie lăsate la păşunat pe terenul umed. Numărul animalelor repartizate la unitatea de suprafaţă trebuie să fie în concordanţă cu productivitatea pajiştii (tab. 10. 33) întrucât o densitate prea mare de animale determină tasarea solului. Păşunatul trebuie organizat pe tarlale. Într-o experienţă organizată la SCCP Vaslui, păşunatul abuziv a redus recolta pe pajişte cu 63 % (*Comici V.*, 1998).

Bibliografie

1. Albescu I., Măianu D., 1983 - *Principalele măsuri ameliorative şi tehnica aplicării lor pe terenurile sărăturate amenajate ca orezării*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 4, Bucureşti.
2. Badea I. şi colab., 1975 - *Cultura orezului*, Editura Ceres, Bucureşti.
3. Barnea M. şi colab., 1975 - *Poluarea şi protecţia mediului*, Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti.
4. Blaga Gh. şi colab., 1979 - *Rezultate obţinute la cultura de sparcetă pe materialul de haldă provenit prin degradarea solurilor de pe versanţi la exploatarea mineră Căpuş, jud. Cluj*, Simpozionul „Exploatarea intensivă a terenurilor agricole în pantă", Cluj - Napoca.
5. Blaga Gh. şi colab., 1997 - *Quelques aspects en ce qui concerne les processus pedo-génétiques dans les haldes de stérile de l'exploitation minière de surface Capus*, Lucr. st., U.S.A.M.V. Cluj-Napoca.
6. Blidaru V. şi colab., 1997 - *Amenajări de irigaţii şi drenaje*, Editura Interprint, Bucureşti.
7. Brown L. R., 1999 - *Starea lumii*, Editura Tehnică, Bucureşti.
8. Canarache A. şi colab., 1984 - *Compactarea solului I Cauze şi efecte*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 9, Bucureşti.
9. Canarache A. şi colab., 1984 - *Compactarea solului II Extindere şi măsuri de prevenire*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 10, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

10. Catargiu D., Caras M., 1991 - *Caracterizarea unor factori determinanţii în compactarea solului şi formarea bulgărilor în masa de cartofi la recoltarea mecanizată*, Cercetări agronomice în Moldova, vol. 3 - 4, Iaşi.
11. Cojocariu P., 2001 - *influenţa numărului de treceri a utilajelor pentru prelucrarea superficială a solului asupra mărimii şi cantităţii bulgărilor rezultaţi*, Cercetări agronomice în Moldova, vol. 1 - 2, Iaşi.
12. Coman Gh. şi colab., 1996 - *economia mediului*, Editura Moldovița, Iaşi.
13. Comici V., 1998 - *Influenţa valorificării diferenţiată a pajiştilor degradate asupra producţiei de furaj*, Cercetări agronomice în Moldova, vol. 1 - 2, Iaşi.
14. Davidescu D., Neaţă G., 1993 - *Cercetări privind efectul poluant al nitraţilor în sol*, Lucr. şt., seria Agronomie, nr. 36, U.S.A.M.V. Bucureşti.
15. Dumitru Elisabeta şi colab., 1996 - *Deşeuri menajere - posibilităţi de utilizare în agricultură*, Cereale şi plante tehnice, nr. 3 - 4, Bucureşti.
16. Dumitru M. şi colab., 1994 - *Recultivarea haldelor de cenuşă*, Conferinţa naţională pentru ştiinţa Solului, Tulcea.
17. Eliade Gh. şi colab., 1983 - *Bazele biologice ale fertilităţii solului*, Editura Ceres, Bucureşti.
18. Ispas Şt., Marin D., 1994 - *Depoluarea terenurilor infestate cu ţiţei şi apă sărată*, Ecologie şi protecţia mediului - Constanţa, Editura Bacovia, Bacău.
19. Jităreanu G., 1996 - *Soil compaction and its implication for the quality of the environment*, Lucr. şt., Seria Agronomie, U.Ş.A.M.V. Iaşi.
20. Maruşca T., 1999 - *Stabilirea duratei şi capacităţii de păşunat a pajiştilor naturale pentru prevenirea eroziunii solului*, Cereale şi plante tehnice, nr. 7, Bucureşti.
21. Mărăcineanu F. şi colab., 1999 - *Studii de ingineria mediului privind refacerea peisajului natural degradat prin activităţi miniere şi energetice*, Lucr. şt., U.S.A.M.V. Cluj-Napoca.
22. Munteanu I. şi colab., 1987 - *Potenţialul pedologic al Deltei Dunării privind amenajarea pentru agricultură (arabil)*, Producţia vegetală. Cereale şi plante tehnice, nr. 10, Bucureşti.
23. Nastea Şt. şi colab., 1990 - *Recultivarea haldelor de cenuşă - mijloc de combatere a poluării mediului înconjurător*, Cereale şi plante tehnice, nr. 5 - 6, Bucureşti.
24. Neaţă Gabriela, 1993 - *Cercetări privind efectul poluanţilor cu plumb şi cadmiu asupra unor soluri*, Lucr. şt., vol. 36, U.S.A.M.V. Bucureşti.
25. Nicolescu C., Lăzărescu S., 1996 - *Poluarea solului prin exploatarea zăcămintelor de ţiţei în judeţul Dâmboviţa*, Îmbunătăţiri funciare şi construcţii agricole, nr. 2, Bucureşti.
26. Pîrvulescu Maria şi colab., 1996 - *Mijloace agrotehnice de combatere a poluării solului cu petrol şi apă sărată*, Cereale şi plante tehnice, nr. 12, Bucureşti.
27. Popescu Ch. şi colab., 1983 - *Agrofitotehnia terenurilor ameliorate*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
28. Popescu Ch., Bucur D., 2002 - *Protecţia mediului şi valorificarea în agricultură a unor deşeuri, reziduuri şi ape uzate*, Editura Tehnopress, Iaşi.
29. Romanescu Gh., 2001 - *Evoluţia Deltei în sistem amenajat*, Conferinţa Naţională pentru Ştiinţa Solului, Suceava.
30. Rudescu I. şi colab., 1953 - *Stuful şi valorificarea lui*, Editura Tehnică, Bucureşti.
31. Rudescu I. şi colab., 1965 - *Monografia stufului în Delta Dunării*, Editura Academiei R.S.R., Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

Consilier editorial: Vasile VÎNTU
Tehnoredactor: Daniel BUCUR
Corector: Chiril POPESCU

Bun de tipar: 02.09.2004
Apărut: 2004; format 70 x 100/16
Editura: "Ion Ionescu de la Brad" Iași
Aleea M. Sadoveanu nr. 3
Tel. 0232-218300; 275070 (159)
e-mail: editura@univagro-iasi.ro

ISBN: 973-7921-43-7

Tipar Digital realizat la **Tipografia** pim
Șoseaua Ștefan cel Mare nr. 11
Iași - 700498
Tel. / fax: **0232-212740**
e-mail:editurapim@pimcopy.ro
www.pimcopy.ro

PRINTED IN ROMANIA

Scanned with OKEN Scanner

ISBN 973-7921-43-7
9789737921437

„Producţiile realizate de plantele cultivate depind de respectul şi grija pe care noi o acordăm pământului, *rezervei sale în elementele nutritive şi apă.*

Ce pericol poate fi mai mare pentru agricultură decât *degradarea solului, pierderea fertilităţii,* indiferent dacă se produce prin exportul de elemente nutritive din sol odată cu recolta, sau prin eroziune, acidifiere, salinizare, deşertificare, poluare, ori prin alte forme de degradare?

Înlăturarea greşelilor trecutului trebuie să constituie pentru noi imperativul prezentului şi viitorului. Fără o schimbare a mentalităţii şi a modalităţilor de exploatare practică a resurselor naturale se poate ajunge la stagnarea sau degradarea producţiei agricole."

Acad. Cristian HERA
Preşedinte ASAS

Scanned with OKEN Scanner